



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MANUFACTURA Y COMERCIALIZACIÓN DE ENVASES DE VIDRIO A TRAVÉS DEL
ESTUDIO COSTO-HORA DE MAQUINARIA DE TIPO AUTOMÁTICA, MECÁNICA E
INDUSTRIAL PARA SU INSTALACIÓN POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO IS
(INDIVIDUAL SECTION) EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN**

Allan Josué Medina Carrillo

Asesorado por el Ing. Irvin Rolando Calderón Motta

Guatemala, enero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUFACTURA Y COMERCIALIZACIÓN DE ENVASES DE VIDRIO A TRAVÉS DEL
ESTUDIO COSTO-HORA DE MAQUINARIA DE TIPO AUTOMÁTICA, MECÁNICA E
INDUSTRIAL PARA SU INSTALACIÓN POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO IS
(INDIVIDUAL SECTION) EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALLAN JOSUÉ MEDINA CARRILLO

ASESORADO POR EL ING. IRVIN ROLANDO CALDERÓN MOTTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

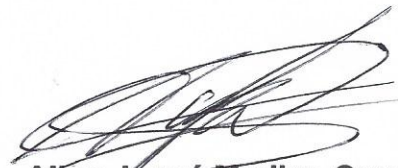
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Godínez Orozco
EXAMINADOR	Ing. Saulo Moisés Méndez Garza
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MANUFACTURA Y COMERCIALIZACIÓN DE ENVASES DE VIDRIO A TRAVÉS DEL
ESTUDIO COSTO-HORA DE MAQUINARIA DE TIPO AUTOMÁTICA, MECÁNICA E
INDUSTRIAL PARA SU INSTALACIÓN POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO IS
(INDIVIDUAL SECTION) EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 17 de agosto de 2017.



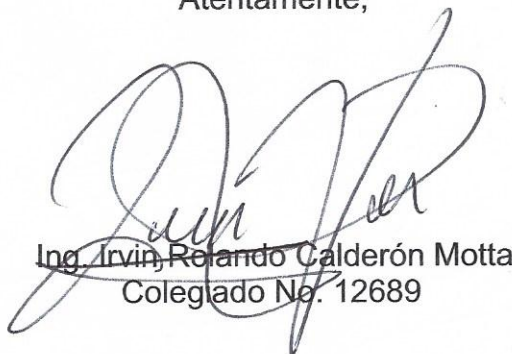
Allan Josué Medina Carrillo

Guatemala, septiembre de 2018

Ing. Juan José Peralta Dardón
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industria
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por medio de la presente me permito informarle que he procedido a revisar el trabajo de graduación titulado **"MANUFACTURA Y COMERCIALIZACIÓN DE ENVASES DE VIDRIO A TRAVÉS DEL ESTUDIO COSTO-HORA DE MAQUINARIA DE TIPO AUTOMÁTICA, MECÁNICA E INDUSTRIAL PARA SU INSTALACIÓN POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO IS (INDIVIDUAL SECTION) EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN"** elaborado por el estudiante Allan Josué Medina Carrillo quien se identifica con el número de DPI 2988221210101 y carnet 201403493. A su vez, quiero mencionar que el mismo cumple los objetivos trazados de acuerdo al protocolo presentado, por lo que la doy por APROBADA. De tal manera, se solicita darle el trámite correspondiente.

Atentamente,


Ing. Irvin Rolando Calderón Motta
Colegiado No. 12689





REF.REV.EMI.172.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MANUFACTURA Y COMERCIALIZACIÓN DE ENVASES DE VIDRIO A TRAVÉS DEL ESTUDIO COSTO-HORA DE MAQUINARIA DE TIPO AUTOMÁTICA, MECÁNICA E INDUSTRIAL PARA SU INSTALACIÓN POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO IS (INDIVIDUAL SECTION) EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN**, presentado por el estudiante universitario Allan Josué Medina Carrillo, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Erwin Alfredo Izeppi Oliva
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 10562

Ing. Erwin Alfredo Izeppi Oliva
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2018.


/mgp



REF.DIR.EMI.004.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MANUFACTURA Y COMERCIALIZACIÓN DE ENVASES DE VIDRIO A TRAVÉS DEL ESTUDIO COSTO-HORA DE MAQUINARIA DE TIPO AUTOMÁTICA, MECÁNICA E INDUSTRIAL PARA SU INSTALACIÓN POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO IS (INDIVIDUAL SECTION) EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN**, presentado por el estudiante universitario Allan Josué Medina Carrillo, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2019.


/mgp



Ref. DTG.29.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial del trabajo de graduación titulado: **"MANUFACTURA Y COMERCIALIZACIÓN DE ENVASES DE VIDRIO A TRAVÉS DEL ESTUDIO COSTO-HORA DE MAQUINARIA DE TIPO AUTOMÁTICA, MECÁNICA E INDUSTRIAL PARA SU INSTALACIÓN POR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO IS (INDIVIDUAL SECTION) EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN"** presentado por el estudiante universitario: **Allan Josué Medina Carrillo** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, Enero de 2019

/echm

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida, porque sin Él no hubiera logrado mis metas propuestas.

Mis padres

Carlos Medina y Eugenia Carrillo por su apoyo incondicional. Por su amor y su ánimo a lo largo de mi vida estudiantil, y por su confianza para lograr este triunfo. Han sido mis guías durante toda mi vida, han estado en las buenas y en las malas y, sobre todo, gracias por hacer de mí lo que soy.

Mis familiares

Con cariño a mis abuelos, hermanos, hermanas, tías, tíos y demás familia.

Mis amigos

Por enseñarme que la amistad sí existe y por acompañarme en este camino que, sin duda, no fue fácil. Agradezco a Dios por haberlos conocido.

En especial a: Barbara Carranza, Vivian Hernández y Sandra López que estuvieron durante toda mi etapa universitaria.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme llevar a cabo mi formación profesional.
Facultad de Ingeniería	Por ser una importante influencia en mi carrera y por proporcionarme los conocimientos y herramientas necesarias para desenvolverme como profesional en la rama de la ingeniería.
Asesor	Ingeniero Irvin Calderón por orientarme y apoyarme en la realización de mi trabajo de graduación.
Vidriera Guatemalteca, S.A.	Por abrirme las puertas y darme su confianza para desarrollar este trabajo de graduación.
Profesores de la Facultad de Ingeniería	A los ingenieros que me brindaron sus conocimientos y me dieron la motivación para seguir aprendiendo a lo largo de mi carrera universitaria.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. La empresa	1
1.1.1. Información general.....	2
1.1.1.1. Ubicación.....	2
1.1.1.2. Misión.....	3
1.1.1.3. Visión.....	3
1.1.1.4. Valores.....	4
1.1.1.5. Política de calidad	4
1.2. Tipo de organización.....	5
1.2.1. Organigrama.....	5
1.2.2. Funciones de los puestos.....	6
1.3. Departamento de Mantenimiento IS	11
1.3.1. Funciones.....	11
1.3.2. Personal operativo.....	12
1.4. Área de producción	12
1.4.1. Funciones.....	13
1.4.2. Criterios en la toma de decisiones	13
1.4.2.1. Costos.....	13

1.4.2.2.	Calidad.....	14
1.4.2.3.	Confiabilidad.....	14
1.4.2.4.	Flexibilidad.....	14
1.5.	Vidrio.....	15
1.5.1.	Características técnicas	15
1.5.2.	Tipo de vidrio.....	16
1.5.2.1.	Vidrio cristalino	16
1.5.2.2.	Vidrio ámbar.....	16
1.5.2.3.	Vidrio verde esmeralda	17
1.5.2.4.	Vidrio verde Georgia	17
1.6.	Maquinaria	17
1.6.1.	Clasificación de maquinaria	18
1.6.1.1.	Automática.....	18
1.6.1.2.	Mecánica.....	18
1.6.1.3.	Industrial.....	19
1.6.2.	Ventajas de uso de maquinaria en una industria	19
1.7.	Mantenimiento	20
1.7.1.	Objetivos del mantenimiento.....	21
1.7.2.	Tipos de mantenimiento.....	21
1.7.2.1.	Preventivo.....	22
1.7.2.2.	Correctivo.....	22
1.7.2.3.	Predictivo.....	22
1.7.3.	Lineamientos.....	23
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	25
2.1.	Departamento de producción	25
2.1.1.	Descripción y características de productos.....	25
2.1.2.	Materia prima	29
2.1.2.1.	Arena sílice.....	29

2.1.2.2.	Caliza.....	30
2.1.2.3.	Feldespató.....	30
2.1.2.4.	<i>Cullet</i>	30
2.1.3.	Descripción del proceso	31
2.1.3.1.	Proceso soplo-soplo	33
2.1.3.2.	Proceso prensa-soplo.....	34
2.1.4.	Análisis de desempeño	34
2.1.4.1.	Factores que afectan la producción	34
2.1.5.	Descripción del equipo	35
2.1.5.1.	Máquina IS.....	36
2.1.5.2.	Ficha técnica de maquinaria.....	37
2.1.6.	Método de costo por hora de maquinaria.....	38
2.1.6.1.	Costos de inversión	39
2.1.6.1.1.	Valor de adquisición	39
2.1.6.1.2.	Valoración económica de inversiones	39
2.1.6.1.2.1.	Tasa de interés.....	40
2.1.6.1.2.2.	Valor de rescate	40
2.1.6.1.2.3.	Vida económica	41
2.1.6.1.2.4.	Seguros actuales.....	42
2.1.6.1.2.4.1.	Primas de seguros	43
2.1.6.1.2.5.	Flujo de efectivo	44
2.1.6.2.	Costos por posesión de maquinaria	44
2.1.6.2.1.	Depreciación de maquinaria.....	45
2.1.6.2.1.1.	Fundamento legal.....	45
2.1.6.2.1.2.	Métodos de depreciación	45
2.1.6.3.	Costos de operación de maquinaria.....	47
2.1.6.3.1.	Costo de lubricantes, combustibles y grasas.....	48

2.1.6.3.2. Costo de mantenimiento y reparaciones....	49
2.1.6.3.2.1. Plan de mantenimiento preventivo.....	50
2.1.6.3.3. Pronóstico probabilístico de fallas de equipos.....	50
2.1.6.3.3.1. Paros programados.....	51
2.1.6.3.3.2. Piezas de desgaste rápido	52
2.1.6.3.3.3. Inventario de repuestos.....	52
2.1.6.3.4. Costo derivado de la mano de obra de mantenimiento.....	54
2.1.6.3.4.1. Mantenimiento mayor.....	54
2.1.6.3.4.2. Mantenimiento menor	55
2.1.6.3.4.3. Factor de mantenimiento	55
2.1.6.3.5. Costo de consumo eléctrico	56
2.1.6.3.5.1. Tipos de conexión de motores.....	56
2.1.6.3.5.2. Cálculo del costo consumo eléctrico para equipos	57
2.1.6.3.6. Costos de mano de obra del operador de la maquinaria.....	57
2.1.6.3.6.1. Código de trabajo.....	58
2.1.6.3.6.1.1. Jornadas de trabajo ordinarias.....	58
2.1.6.3.6.1.2. Jornadas de trabajo extraordinaria ...	58

2.1.6.3.6.1.3. Turnos rotativos de trabajo	59
2.1.6.3.6.1.4. Sueldos y salarios	59
2.1.6.3.6.1.5. Prestaciones de ley	60
2.1.6.3.6.1.6. Obligaciones patronales	62
2.1.6.4. Costos de materia prima	63
2.1.6.4.1. Métodos de costo para inventario de materia prima	63
2.1.6.4.1.1. Método PEPS	64
2.1.6.4.1.2. Método UEPS	65
2.1.6.4.1.3. Método promedio	65
2.1.6.4.2. Pronóstico de producción	65
2.1.6.4.2.1. Explosión de materiales	66
2.1.7. Factores que influyen en la instalación de maquinaria	69
2.1.7.1. <i>Layout</i> en planta	70
 3. PROPUESTA PARA LA MANUFACTURA Y COMERCIALIZACIÓN DE ENVASES DE VIDRIO	 71
3.1. Planeación de procesos	71
3.1.1. Diagrama de operaciones	72
3.1.2. Diagrama de flujo	74
3.1.3. Distribución de la planta	76
3.1.4. Diagrama hombre máquina	77
3.2. Nueva tecnología	77
3.2.1. Máquina IS por ser instalada	78

3.2.1.1.	Especificaciones.....	78
3.2.1.1.1.	Mecanismo de tubo giratorio	79
3.2.1.1.2.	Sistema de lubricación	80
3.2.1.1.3.	Sistema de seguridad.....	80
3.2.1.1.4.	Bloques de válvulas de solenoide de 26 líneas.....	81
3.2.1.1.5.	Control electrónico integrado	82
3.2.1.1.6.	Sistema de detector de vías de transporte.....	84
3.2.1.1.7.	Ventajas de la nueva tecnología	86
3.2.1.1.8.	Capacidad de producción.....	86
3.3.	Costos de inversión	87
3.3.1.	Determinación del valor de adquisición	87
3.3.2.	Valoración económica de la inversión.....	87
3.3.2.1.	Determinación tasa de interés efectiva	87
3.3.2.2.	Cálculo de valor de rescate.....	88
3.3.2.3.	Vida económica.....	88
3.3.2.4.	Propuesta de seguros	89
3.3.2.4.1.	Primas de seguros	89
3.3.2.5.	Estimación del flujo de efectivo de la inversión.....	90
3.4.	Costos por posesión de maquinaria	94
3.4.1.	Determinación del costo de depreciación	94
3.5.	Costos de operación de maquinaria	94
3.5.1.	Proyección de costos de lubricantes, combustibles y grasas	94
3.5.2.	Costos de mantenimiento y reparaciones.....	95
3.5.2.1.	Proyección de costos del plan de mantenimiento preventivo.....	95
3.5.2.1.1.	Cálculo del costo por paros programados..	95

3.5.2.1.2. Determinación de piezas de desgaste rápido.....	96
3.5.2.1.3. Costo de inventario de repuestos.....	98
3.5.2.2. Costo derivado de la mano de obra de mantenimiento	98
3.5.2.2.1. Proyección de costos por mantenimiento mayor.....	99
3.5.2.2.2. Proyección de costos por mantenimiento menor.....	99
3.5.2.2.3. Factor de mantenimiento	100
3.5.3. Costo de consumo eléctrico	100
3.5.3.1. Estimación del costo consumo eléctrico de la maquinaria.....	100
3.5.4. Costo de mano de obra directa	101
3.6. Costos de materia prima	101
3.6.1. Pronóstico de producción	101
3.6.1.1. Explosión de materiales	102
3.7. Determinación de costo-hora de maquinaria	112
4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	113
4.1. Proceso de implementación.....	113
4.2. Entidades responsables.....	114
4.2.1. Gerencia general	114
4.2.2. Departamento de producción	115
4.2.3. Área de mantenimiento	116
4.2.4. Departamento de recursos humanos	116
4.3. Asignación de tareas.....	117
4.4. Cronograma de actividades para implementación.....	119
4.4.1. Montaje de equipo	119

4.4.2. Programa de capacitación	120
4.4.3. Corrida de prueba	121
4.5. Programa de capacitación de personal	121
4.5.1. Desarrollo del programa.....	122
4.5.1.1. Manejo adecuado del equipo	123
4.5.1.2. Evaluación de riesgos	125
4.5.1.3. Equipo de protección personal.....	127
4.5.2. Cronograma de actividades de capacitación	129
4.6. Mantenimiento para nuevas tecnologías	130
4.6.1. Programación de mantenimiento	130
4.6.2. Inspección periódica	131
4.6.2.1. Modelo de inspección periódica	132
4.6.2.1.1. Mantenimiento preventivo	132
4.6.2.1.2. Mantenimiento correctivo	134
4.7. Actualización de registros y procedimientos ISO 9001-2008 del puesto.....	135
4.7.1. Mapa del proceso.....	136
4.7.2. Procedimiento	137
4.7.3. Registro.....	139
5. RESULTADOS	141
5.1. Resultados obtenidos	141
5.1.1. Interpretación	141
5.1.2. Aplicación.....	142
5.2. Ventajas y beneficios.....	143
5.2.1. Beneficios en la operación	143
5.2.2. Beneficios económicos	143
5.3. Auditorías ISO	144
5.3.1. Internas.....	144

5.3.2. Externas.....	144
5.4. Modelo metodológico de costo-hora para informes técnicos.....	145
5.5. Medios de verificación.....	146
5.5.1. Modelo de mejora continua	147
CONCLUSIONES	149
RECOMENDACIONES.....	151
BIBLIOGRAFÍA.....	153

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de Vidriera Guatemalteca, S.A.	3
2.	Organigrama de la empresa	6
3.	Envases fabricados de licores	27
4.	Envases fabricados de soderas	27
5.	Envases para productos alimenticios.....	28
6.	Envases para cervezas.....	29
7.	Proceso	33
8.	Proceso soplo-soplo.....	33
9.	Proceso prensa-soplo	34
10.	Máquina IS (Individual Section)	37
11.	Registro de métodos de costeo de inventarios de materia prima	64
12.	Gráfica para determinar tiempo entre pedidos	69
13.	Layout en planta.....	70
14.	Etapas de fabricación de botellas de vidrio.....	71
15.	Diagrama de operaciones	72
16.	Diagrama de flujo	74
17.	Diagrama hombre-máquina	77
18.	Máquina por ser instalada.....	78
19.	Mecanismo tubo giratorio.....	79
20.	Sistema de seguridad	81
21.	Bloque de válvula solenoide de 26 líneas.....	82
22.	Estructura del sistema electrónico	83
23.	Cabina de control	84



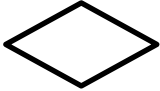



24.	Sistema de detector de vías de transporte 1	85
25.	Sistema de detector de vías de transporte 2	85
26.	Representación TIR.....	93
27.	Esquema explosión de materiales.....	108
28.	Cronograma de actividades para montaje de equipo	119
29.	Cronograma para realización de programa de capacitación	120
30.	Cronograma de actividades corrida de prueba.....	121
31.	Sistema general de máquina IS.....	124
32.	Panel de control.....	126
33.	Caja local de control	126
34.	Cronograma de actividades del programa de capacitación.....	129
35.	Formato de registro de mantenimiento preventivo	133
36.	Formato de registro plan anual de mantenimiento preventivo.....	134
37.	Formato de registro de mantenimiento correctivo	135
38.	Mapa de procesos	136
39.	Rutas de evacuación	138
40.	Modelo metodológico de costo-hora para informes técnicos en el área.....	146
41.	Modelo de mejora continua.....	147

TABLAS

I.	Ventajas de nueva tecnología	86
II.	Capacidad de producción	86
III.	Flujo de efectivo.....	91
IV.	Cálculo tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)	92
V.	Piezas de desgaste rápido	96
VI.	Pronóstico de producción	102
VII.	Explosión de materiales.....	103

VIII.	Peso neto	103
IX.	Cantidad requerida por tarima	104
X.	Requerimiento de materia prima.....	105
XI.	Consumo real de materias primas	106
XII.	Resultados obtenidos explosión de materiales.....	109
XIII.	Determinación de costo-hora materia prima para envases de tipo cristalino de 250ml y 500ml.....	110
XIV.	Determinación de costo-hora materia prima para envases de tipo ámbar de 250ml y 500ml.....	111
XV.	Asignación de tareas.....	117
XVI.	Equipo de protección personal.....	127
XVII.	Áreas por inspeccionar en máquina IS	132

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Almacenaje
HP	Caballos de fuerza
	Conector de continuidad
	Decisión
	Dirección del flujo
°C	Grados centígrados
h	Hora
=	Igual
	Inicio y final
	Inspección
kg	Kilogramos
kW	Kilovatio

kW-h Kilovatio consumido por hora

L Litros

MP Materia prima


> Mayor que

mL Mililitro

mm Milímetro

 Operación

% Porcentaje

 Proceso

Q Quetzales

Σ Sumatoria

GLOSARIO

Análisis de costo-hora	Es un método que proporciona información financiera sobre el uso adecuado de la maquinaria y/o equipo en específico, tomando en cuenta conceptos de inversión, posesión, operación y materia prima requerida.
EPP	Equipo de protección personal es el conjunto de elementos utilizados en una estación de trabajo para proteger a los trabajadores para su seguridad y salud ocupacional.
Inversión	Cantidad monetaria necesaria para ser aportada y que es requerida para recibir ganancia futura,
Maquinaria IS	Maquinaria utilizada en las industrias para la fabricación de envases de vidrio.
Maquinaria obsoleta	Maquinaria utilizada en algunas industrias, en la cual se imposibilita la disponibilidad de repuestos para el adecuado desempeño de sus funciones en comparación con la nueva tecnología en el mercado.
Materia prima	Bien básico utilizado para su transformación en un proceso industrial con el fin de convertirse en producto final.

Operación	Aquel conjunto de elementos que permite la ejecución de una determinada función y de una acción.
Posesión	Conjunto de elementos que permiten adquirir un bien.
Solenoides	Tipo de bobina que se emplea en aparatos eléctricos que genera una mayor intensidad de campo eléctrico.
TMAR	Tasa mínima atractiva de retorno es la tasa mínima que espera recibir un inversionista para beneficiarse y obtener ganancias de un desembolso monetario realizado.
VPN	Valor presente neto es un método que permite evaluar la rentabilidad de un proyecto a través del valor presente de flujos de efectivo que son proyectados a futuro en cada período.

RESUMEN

Actualmente, las industrias manufactureras buscan optimizar y mejorar su tecnología en maquinaria. Vidriera Guatemalteca, S.A. al ser la única empresa fabricante de vasos y envases de vidrio a nivel nacional, busca actualizar sus procesos.

Vidriera Guatemalteca, S.A. cuenta con cinco líneas de producción, sin embargo, en una de ellas se tiene maquinaria obsoleta en el área de fabricación, la cual le imposibilita producir en ella con la capacidad esperada y le impide alcanzar la eficiencia deseada.

El departamento de producción ha realizado la gestión para la compra y la sustitución de la maquinaria de tipo IS (Individual Section). Este tipo de máquina realiza la formación del envase hasta llevarlo al área donde se le realizan distintos tratamientos.

Para analizar la rentabilidad de la realización del proyecto, se definen los costos-hora de dicha maquinaria, para establecer qué tan factible será esta nueva tecnología en el área. En este análisis se requiere costo de inversión, posesión, operación y materia prima que se ven involucrados en ella. Será de vital importancia, debido a que el área de fabricación podrá preparar sus presupuestos por cada hora de operación. Estableciendo de manera concreta todos aquellos beneficios que traen consigo la implementación y la instalación de la propuesta.

Para que la maquinaria permanezca en buen estado, se necesitará de un plan definido para el mantenimiento correctivo y preventivo, en el que se establecen los lineamientos para su inspección y su realización. Además, se plantean actividades necesarias como lo son: montaje e instalación, corrida de prueba y el proceso de capacitación del personal.

OBJETIVOS

General

Manufacturar y comercializar envases de vidrio a través del estudio costo-hora de maquinaria de tipo automática, mecánica e industrial para su instalación por el Departamento de Mantenimiento IS (Individual Section) en el área de producción.

Específicos

1. Determinar el costo de inversión de nueva maquinaria para su implementación en los procesos de manufactura de la empresa.
2. Proyectar los costos de posesión por hora de maquinaria por ser instalada.
3. Establecer los costos horarios relacionados con la operación de maquinaria.
4. Definir los aspectos que influyen en el cálculo del costo por hora de mantenimiento periódico en la maquinaria.
5. Evaluar factibilidad de implementar nueva tecnología de maquinaria en la industria.
6. Establecer los aspectos legales que influyen en el cálculo del costo-hora de maquinaria.

7. Identificar las etapas del proceso de implementación de nueva maquinaria.

INTRODUCCIÓN

Vidriera Guatemalteca, S.A. (VIGUA), es una industria única en Guatemala que se encarga de la fabricación de envases de vidrio para alimentos, licores, bebidas y otros a nivel nacional. Se enfoca, principalmente, en la transformación de la materia prima para su comercialización. VIGUA, S.A. al querer implementar nuevas tecnologías para la mejora continua en sus procesos de producción, debe realizar un estudio de costo-hora de maquinaria para analizar la situación financiera en la empresa para la instalación debida.

El presente trabajo de graduación está enfocado en definir los costos horarios de nueva maquinaria que se pretende instalar dentro del área de producción. De esta manera, se puede definir qué tan factible es esta nueva tecnología dentro de la planta. Además de definir todos aquellos costos involucrados en su instalación

En la actualidad en una planta de producción, el mantenimiento de maquinaria es de vital importancia para evitar paros que afectan en la eficiencia en la actividad de producción, siendo el Departamento de Mantenimiento IS (Individual Section) el encargado de realizarlo. Este departamento busca instalar nueva maquinaria de tipo automática, mecánica e industrial.

Tomando como referencia aspectos importantes durante la operación de nueva maquinaria, se tiene que conocer el costo horario de la misma, buscando maneras en que este llegue a ser mínimo. Este cálculo es un elemento fundamental para definir un determinado presupuesto.

Lo anterior permite definir una correcta valuación de costos para una determinada estación de trabajo; para que de esta, a partir de estadísticas de contabilidad y de utilización de maquinaria, se le permita hacer un presupuesto con una mayor exactitud.

El estudio de costo-hora de esta máquina por instalarse es una metodología que permite establecer ciertas variaciones que se deben tomar en cuenta, y así definir si la operación y el funcionamiento de esta llegan a ser antieconómica para la empresa. Este tipo de estudio logra definir cuánto le cuesta a la empresa poseer y operar la maquinaria, y analizar distintas situaciones y tomar acciones gerenciales para garantizar un trabajo eficiente.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

Vidriera Guatemalteca, S.A. es una fábrica única en Guatemala que se dedica a la manufactura y comercialización de envases de vidrio. Inició sus actividades en 1991.

Pertenece al Grupo Vidriero Centroamericano VICAL junto con otras dos empresas que se localizan en Costa Rica y Panamá, respectivamente. Que inició sus operaciones en 1964, el cual logra satisfacer las necesidades del mercado regional. VICAL está conformado por grandes empresas como VICESA (Costa Rica), VIPASA (Panamá) y, finalmente, VIGUA (Guatemala).

Siempre buscando los estándares de calidad para el cumplimiento de sus metas, VIGUA, S.A. se encuentra estructurada en diferentes departamentos que ayudan a agilizar el trabajo entre las distintas áreas que componen esta empresa. Para ello, se necesita de un claro compromiso entre todos los miembros del personal a través de los valores ya establecidos como el respeto, servicio y calidad.

Actualmente, distribuye y exporta gran variedad de envases de vidrio haciendo referencia a industrias de gaseosas, alimentos, licores, medicina.

1.1.1. Información general

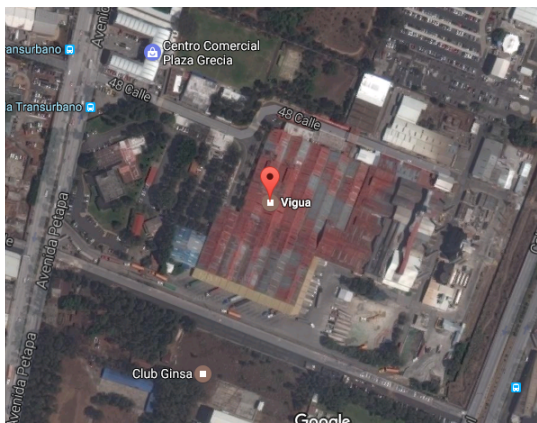
La empresa vidriera se basa en reglamentos municipales referentes a su localización. Asimismo, tiene definida su misión, visión, valores y política de calidad dentro de sus procesos para dirigirse a su cumplimiento. Es por ello, que se presentan detallados cada uno de estos elementos.

1.1.1.1. Ubicación

Vidriera Guatemalteca, S.A. se encuentra ubicada en Av. Petapa 48-01 zona 12, ciudad de Guatemala, Guatemala. De acuerdo con el Reglamento Específico de Localización Industrial del Municipio de Guatemala, esta empresa pertenece a la zona de tolerancia Industrial denominada como zona I-1, la cual comprende a partir de la avenida Petapa y 42 calle de la zona 12, hacia el Oriente hasta la orilla del barranco y la aldea “Los Guajitos”.

Cabe mencionar que, en cuanto a las instalaciones de la empresa, cuenta con una extensión territorial de 1 356,70 m²; en la cual se cuenta de una planta de producción, los distintos departamentos, cafeterías, áreas de recreación para el personal.

Figura 1. **Ubicación de Vidriera Guatemalteca, S.A.**



Fuente: <https://www.google.com.gt/maps/place/Vigua/@14.5645306,-90.5501307,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8589a6cb323e1fe5:0x5809121b3b400093!8m2!3d14.5645254!4d-90.547942?hl=es-419>. Consulta: mayo de 2017.

1.1.1.2. Misión

Nuestra misión es satisfacer competitivamente las necesidades de envase y cristalería de mesa del mercado centroamericano y de exportación, produciendo nuestras materias primas y comercializando productos afines y complementarios a las líneas de nuestro giro principal, sin deterioro del medio ambiente. Nos preocupamos constantemente por asegurar la estabilidad, crecimiento y desarrollo del personal y de las empresas del grupo; así como por cumplir con los niveles de rentabilidad señalados, mediante un proceso de mejoramiento continuo.¹

1.1.1.3. Visión

Lograr en el Mercado de Centro América una posición de liderazgo en envases de vidrio e insumos industriales relacionados con nuestro giro principal y comercializar productos afines y complementarios o que representen un negocio de interés, asumiendo la responsabilidad de conquistar el reconocimiento de proveedor confiable de alta calidad que no deteriora el medio ambiente y respaldado por un servicio eficiente, con el fin de dar el mayor grado de satisfacción al cliente.²

¹ VIGUA, S.A. *Manual de seguridad*.

² *Ibíd.*

1.1.1.4. Valores

Entre los valores que VIGUA, S.A. maneja dentro de sus instalaciones se encuentran:

- Respeto a la persona. Es como el reconocimiento al derecho ajeno, es decir, al reconocimiento y atención que se les da a las personas en un momento determinado.
- Calidad. Se define como la capacidad que tiene un bien para lograr satisfacer ciertos estándares y requisitos. Asimismo, puede hacer referencia como la percepción del cliente para con ese bien. De esta manera lograr la mejora continua.
- Servicio. Son todas aquellas acciones ejercidas por las personas hacia un grupo determinado de clientes con el fin de satisfacer sus necesidades y deseos; y así, solucionar las peticiones de los clientes con responsabilidad.

1.1.1.5. Política de calidad

Vidriera Guatemalteca, S.A., está comprometida a proveer envases (empaquete primario) y vasos de vidrio que cumplan con los requisitos de nuestros clientes. Basada en el establecimiento de programas pre-requisitos, la comunicación con partes interesadas pertinentes, y la identificación de peligros.

Permitiendo cumplir con requisitos legales, reglamentarios aplicables y el control de peligros identificados.

El personal está enfocado en el control de los procesos, la operación eficaz, satisfacción al cliente y el mejoramiento continuo de nuestros sistemas de Gestión, además de la prevención de la contaminación ambiental y la inocuidad de nuestros productos.³

³ VIGUA, S.A. *Manual de seguridad*.

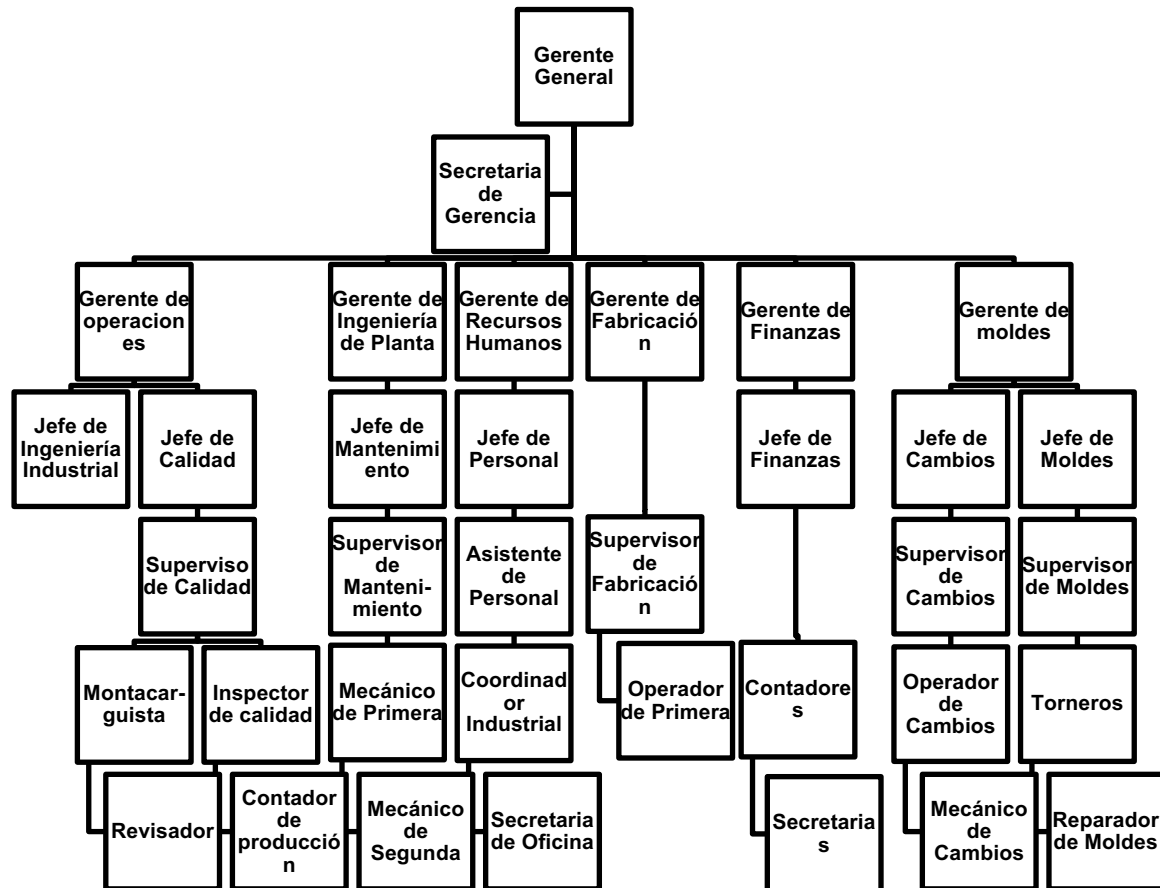
1.2. Tipo de organización

A continuación, se presenta la información referente al tipo de estructura organización que se presenta dentro de la empresa. Analizando elementos como el organigrama y las funciones de cada uno de los puestos.

1.2.1. Organigrama

Es importante que cada empresa tenga contemplado una representación gráfica de los puestos en la empresa, para dar a conocer de forma esquematizada sobre las relaciones en cuanto a la jerarquía dentro de la misma. Por ello a continuación se muestra la estructura organizativa.

Figura 2. Organigrama de la empresa



Fuente: VIGUA, S.A. *Manual de Inducción*.

1.2.2. Funciones de los puestos

- Gerente general: es el encargado de planificar, organizar, dirigir y controlar el trabajo de la empresa. Es el responsable de la toma de decisiones en la planta de la empresa, y que garantiza el bienestar de la empresa como tal.

- Secretaria de gerencia: es la encargada de desempeñar tareas relacionadas con el gerente general. Se enfoca primordialmente en los proyectos de gerencia pero no de un departamento en específico.
- Gerente de operaciones: hace referencia a garantizar que la calidad del producto cumpla con los estándares hacia los clientes. Además del planeamiento de las operaciones dentro de la planta y de controlar los recursos, para garantizar que la empresa está operando de una forma eficiente.
- Gerente de ingeniería de planta: se encarga de garantizar que se cuente con la maquinaria y el equipo necesario en la planta de producción para la fabricación de los envases de vidrio.
- Gerente de recursos humanos: es la persona responsable de la dotación, el reclutamiento, selección, contratación y capacitación de personal en la administración y planta de producción de la empresa.
- Gerente de fabricación: es el encargado de gestionar los procesos en la manufactura del producto para asegurar que la producción sea lo más eficiente posible.
- Gerente de finanzas: es el encargado de administrar el presupuesto de la empresa en un momento determinado; así como en gestionar los estados financieros en ella.
- Gerente de moldes: este es el responsable de la fabricación, transformación y modificación de los moldes para la producción de los envases dentro de la empresa.

- Jefe de ingeniería industrial: se encarga de proporcionar la información obtenida en cuanto a la producción diaria dentro de la planta de producción.
- Jefe de calidad: responsable de establecer si los envases que produce la industria logran cumplir con la calidad propicia por la empresa.
- Jefe de mantenimiento: es el encargado de definir cada cuanto se debe realizar mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas y equipos dentro del área de producción.
- Jefe de personal: hace referencia a analizar el rendimiento y la capacidad de los trabajadores de la empresa.
- Jefe de finanzas: se encarga de realizar los reportes para analizar y evaluar las finanzas de la empresa, y establecer de qué manera disminuir gastos en ella.
- Jefe de cambios: establece las nuevas molduras para ser utilizadas en el proceso de producción y así garantizar que se realiza de forma eficiente.
- Jefe de moldes: es el responsable de programar la producción para verificar que el cambio de moldura sea la adecuada dentro de la maquinaria.
- Supervisor de calidad: dirige al inspector de calidad y al montacarguista para garantizar que se respetan los estándares de calidad durante el proceso.

- Supervisor de mantenimiento: se encarga de inspeccionar que los mecánicos realizan un adecuado mantenimiento para el buen funcionamiento de la maquinaria y el equipo dentro de la planta de producción.
- Asistente de personal: este puesto hace referencia a llevar al tanto la actividad de empleados suspendidos, accidentados y que están activos en la empresa tanto en el área administrativa como en los demás departamentos de la empresa.
- Supervisor de fabricación: es el encargado de inspeccionar a los operadores de la maquinaria para verificar que mantengan los estándares del producto.
- Supervisor de cambios: persona responsable de verificar que los operadores cumplen con las especificaciones en cuanto al cambio de producción de acuerdo con la nueva moldura y diseño.
- Supervisor de moldes: se encarga de dirigir a torneros para garantizar que el diseño de las nuevas molduras sean las correctas.
- Montacarguista: es la persona que se encarga de trasladar las tarimas con el producto ya terminado y empacado a las zonas de carga.
- Inspector de calidad: se encarga de garantizar que el producto que se está manufacturando esté cumpliendo con las especificaciones establecidas por el cliente.

- Mecánico de primera: es el responsable de realizar el mantenimiento tanto correctivo como preventivo a la maquinaria y el equipo dentro de la planta de producción.
- Coordinador industrial: es el que se encarga de la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores en cuanto a acciones de riesgo de la planta de la empresa.
- Operador de primera: es el encargado de garantizar el buen funcionamiento de la maquinaria en el proceso de manufactura de los envases de vidrio.
- Contadores: grupo de personas designadas para llevar los registros de contabilidad de la empresa.
- Operador de cambios: persona responsable de realizar los cambios de los moldes en la maquinaria IS.
- Torneros: grupo de personas designadas para realizar un constante mantenimiento a los distintos tipos de moldes de producción.
- Revisor: persona encargada de retirar los envases con ciertos defectos de la línea de producción.
- Contador de producción: este puesto hace referencia a realizar el cálculo constante diario de la eficiencia en la planta de producción.
- Mecánico de segunda: ayuda al mecánico de primero en el mantenimiento respectivo de la maquinaria en cuestiones eléctricas.

- Secretarias: son las encargadas de recibir documento, atender llamadas, atender visitas, archivar documentos y tramitar expedientes respectivos para cada uno de los departamentos específicamente.
- Mecánico de cambios: es el responsable del desarrollo de cambio de molde en cada una de las máquinas IS.
- Reparador de moldes: encargado de este puesto realiza una evaluación de defectos de cada uno de los moldes para garantizar su buen funcionamiento.

1.3. Departamento de Mantenimiento IS

El Departamento de Mantenimiento IS se encarga de brindar servicios en cuanto a mantenimiento correctivo y preventivo en las diversas máquinas IS (Individual Section) en el área de producción de la empresa que se está analizando.

1.3.1. Funciones

Entre las funciones de este departamento se encuentran:

- La elaboración de un plan anual de mantenimiento preventivo y correctivo en la maquinaria y equipo dentro de la planta de producción de la empresa.
- Realizar diversas visitas a las áreas de la planta de la empresa para realizar el mantenimiento debido y así evitar fallas inesperadas.

- Generar informes sobre el mantenimiento desarrollado. Esto se realiza con el fin de programar reparaciones a los fallos encontrados con anterioridad.
- Analizar y verificar las reparaciones realizadas. Luego de solucionada cada falla, es imprescindible efectuar varias inspecciones posteriores en las zonas reparadas, y garantizar que se arreglaron correctamente.

1.3.2. Personal operativo

El personal del departamento de mantenimiento se encarga de reparar y mantener la maquinaria y el equipo como tal dentro de la planta de producción. Tomando en cuenta que este debe analizar y establecer todos aquellos procedimientos para llevarse a cabo el mantenimiento, procesamiento y la formulación de análisis de fallas en cuanto a los equipos y la maquinaria.

- Servicios: el personal contratado en el Departamento de Mantenimiento debe tener los conocimientos específicos acerca de cómo atender a la tecnología en cuanto a maquinaria respecta.
- Taller: conocer las especificaciones técnicas ante los requerimientos estándares en cuanto a maquinaria que la industria tenga contemplado.

1.4. Área de producción

El área de producción es aquella que se dedica directamente a la transformación de la materia prima y de los diferentes insumos en productos terminados. Estos pueden ser tanto productos tangibles como intangibles.

1.4.1. Funciones

Entre las funciones del área de producción se encuentran:

- Tomar decisiones acerca de los procesos referentes a la producción que se lleva a cabo en la industria. Esto a través de la búsqueda de la implementación de nuevas tecnologías que sea favorecedoras en ella para el aseguramiento de una mayor eficiencia.
- Administrar inventarios de la materia prima, producto en proceso y producto terminado a través de distintos métodos que sean de ayuda.
- Garantizar la protección y el aseguramiento de la calidad en los productos que se estén manufacturando, para así establecer si este cumple con las distintas especificaciones y estándares del cliente.
- Planear y determinar los niveles de producción óptimos de acuerdo con las demandas del cliente.

1.4.2. Criterios en la toma de decisiones

El área o departamento de producción cuenta con ciertos criterios, los cuales son de ayuda para los jefes de esta área en la toma de decisiones que sean favorecedoras tanto para el departamento como tal y la empresa en general.

1.4.2.1. Costos

Uno de los principales criterios son los costos. Este apartado le permite al jefe del área de producción el establecer directamente cuál es el proceso que

tiene un costo óptimo, considerando su situación real. Es así como permite analizar a través de la planeación sobre las alternativas para tomar medidas importantes que favorezcan a la empresa en general. Los costos, por otro lado, llegan a proporcionar información y evalúan la utilidad que se genera a través de la producción del bien.

1.4.2.2. Calidad

El aseguramiento de la calidad en los procesos es de vital importancia para evitar acumular productos terminados defectuosos. Este logra definir qué proceso, entre todos los que conlleva la transformación de los recursos, logra alcanzar con mayor presencia todos los estándares y las distintas especificaciones de un producto determinado. Es imprescindible mencionar que la calidad no debe estar solamente presente solo en el producto terminado, sino a lo largo de todos los procesos que conlleva la producción del bien.

1.4.2.3. Confiabilidad

Establece qué proceso tiene un mejor grado de confiabilidad, es decir, en la entrega de un bien o un servicio determinado. Asimismo, es el medio y la probabilidad en que se lleve a cabo dicho proceso de forma adecuada en condiciones ya definidas. De esta manera garantizar que desempeñe su función básica en un tiempo predeterminado.

1.4.2.4. Flexibilidad

Se refiere a la forma de adaptar la producción de una empresa sin que esto conlleve a altos elevados costos para la misma. Además, hace hincapié en la dirección de la producción, y que esta se oriente en producir los bienes de gran

volumen de acuerdo con las necesidades en el mercado. Llega a ser una metodología de gran ayuda para el jefe de área para maximizar el flujo entre cada proceso de manufactura del producto, la mejora continua, cumplir con las exigencias, deseos y necesidades de los clientes y, a su vez, lograr una mayor eficiencia en la planta de producción.

1.5. Vidrio

El vidrio se define como un material que es de tipo inorgánico, transparente y frágil. Representa una estructura por medio de materias prima como son: arena sílice, caliza, feldespato y *cullet* en distintas . Estos materiales al mezclarse se moldean en temperatura considerablemente altas para garantizar la dureza del mismo; a su vez que pasa por diferentes tratamientos para su estabilidad.

De acuerdo con la Real Academia Española, se define al vidrio como “Material duro, frágil y transparente o traslúcido, sin estructura cristalina, moldeable a altas temperaturas.”⁴

1.5.1. Características técnicas

El vidrio como tal trae consigo ciertas características técnicas:

- Es considerado un flujo realmente denso con la mezcla de distintos materiales que deben ser introducidos a altas temperaturas.
- El vidrio es un material que llega a reciclarse con facilidad, debido a que este pasa en un proceso de fundición para reutilizarse.

⁴ DLE. *Diccionario de la lengua española*.

- La dureza del vidrio se presenta luego de realizarse distintos tratamientos tanto térmicos como químicos para evitar una alta concentración de fragilidad.
- El vidrio puede tener varios usos, como en botella o envases para industrias farmacéuticas, vino, cerveza, soderas.

1.5.2. Tipo de vidrio

Es importante conocer el tipo de vidrio que se está utilizando dentro de los procesos de manufactura en la empresa. De tal manera, se pueden conocer las propiedades de cada uno de ellos y establecer cómo manipular sus tipos al ser un material frágil.

1.5.2.1. Vidrio cristalino

El vidrio cristalino es aquel que está formado por el 10 % en cuanto a la masa de óxido de zinc, óxido de bario, óxido de potasio y óxido de plomo como tal. Así como selenio y cobalto en baja cantidad. Sin embargo, en la empresa analizada se hace uso de arena sílice, caliza, feldespatos y *cullet*.

1.5.2.2. Vidrio ámbar

El vidrio de tipo ámbar lleva en sus propiedades el mineral de hierro hematita, en el cual en estado puro contiene un 70 % del metal. Por otro lado, está contenido de una mayor proporción de azufre que el envase de vidrio convencional para resultar el color deseado.

1.5.2.3. Vidrio verde esmeralda

El vidrio verde esmeralda lleva la materia prima convencional, a diferencia que necesita de cromita en mayor porcentaje. La cromita es un mineral que le proporciona al envase de vidrio un color similar al verde esmeralda, a pesar de que por naturaleza tiene un color marrón.

1.5.2.4. Vidrio verde Georgia

El vidrio verde Georgia necesita de la cromita en menor porcentaje en comparación al del vidrio verde esmeralda. La cromita, al estar en menor proporción, le permite al envase de vidrio tener un verde más pálido, similar al verde georgia.

1.6. Maquinaria

“Maquinaria” se define como un conjunto de mecanismos formado por piezas que permiten el movimiento con el fin de transformar y regular la energía como tal. De esta manera, en el área industrial se puede definir como varias máquinas o equipos necesarios para la transformación de la materia prima y convertirla en un producto final.

Por otra parte, la maquinaria puede llegar a ser pesada o liviana. Una se encarga directamente de realizar actividades pequeñas; mientras que, la restante, se encarga de realizar procesos mucho más complejos.

1.6.1. Clasificación de maquinaria

La maquinaria tiene diferentes clasificaciones. Sin embargo, para términos de producción se puede llegar a definir como automática, mecánica e industrial, respectivamente. Son utilizadas para usos industriales para los procesos de fabricación y manufacturación para simplificar los procesos.

1.6.1.1. Automática

La maquinaria de tipo automática hace referencia a la capacidad para realizar distintas tareas sin la necesidad de intervención de personal o trabajadores en específico. Es decir, aquel mecanismo que funciona por sí solo o al menos en una parte de ella. A este último se le llama maquinaria semiautomática. El mecanismo de tipo automático en las máquinas se utiliza mayormente con el fin de tener ciertos ahorros en cuanto a costos en la mano de obra. Para implementar la automatización en la maquinaria, se necesita del uso de distintos sistemas computarizados que será de ayuda para controlar tanto el proceso como el movimiento de esa maquinaria.

1.6.1.2. Mecánica

La maquinaria de tipo mecánica, también llamada maquinaria simple, es aquella que realiza una determinada tarea para la cual fue creada. Para su funcionamiento, se requiere de un grupo de operarios y trabajadores como tal. Se necesita de aplicar fuerza por parte del operario a través de una carga y que a su vez realice su trabajo. Sin embargo, es importante mencionar que en el manejo de maquinaria de tipo mecánica dificulta mantener una elevada eficiencia de trabajo en el área donde se esté utilizando, debido a que depende

directamente de la capacidad del trabajador. Es por ello que, hoy día, se están implementando mayormente los mecanismos automáticos.

1.6.1.3. Industrial

Se define como aquella que se utiliza en el área industrial de una empresa en específico. Es decir, en el área de manufacturación y fabricación de un determinado producto, pudiendo ser tanto automatizada como mecanizada. Para hacerla funcionar se necesita de cierta energía aplicada en su estructura y que haga su trabajo como tal. Las máquinas industriales necesitan de una gran cantidad de energía para hacerlas trabajar a altas velocidades para la eficiencia de trabajo en la planta de producción. Por lo general, son pesadas y requieren de un gran espacio de lugar para instalarlas.

1.6.2. Ventajas de uso de maquinaria en una industria

Instalar maquinaria en una industria es de suma importancia para sus procesos. Es así como existen ciertas ventajas de utilizar maquinaria en una industria, entre las cuales están:

- Mayor precisión en las especificaciones del producto. La maquinaria permite la disminución en los números de errores en el proceso de manufacturación.
- Reducción de residuos. La maquinaria de tipo automática permite disminuir los residuos y materia prima, debido a que puede llegar a configurarse de acuerdo con un determinado software sobre los procesos que la máquina debe realizar para mejorar su eficiencia al utilizar menores recursos y desperdicios.

- Disminución de costos por mano de obra directa. Esta depende del tipo de sistema que la maquinaria utilice. Si es automatizada se logrará con éxito, debido a que se evitará que un operario la use al ya estar predeterminada. Sin embargo, si es mecanizada, será casi imposible de evitar.
- Mejor ejecución en los procesos complejos de manufactura. Utilizar maquinaria dentro de una planta en una industria permite ejecutar procesos complejos que requieren de mucho esfuerzo y de mucho tiempo por parte de un operario. Sin embargo, el único personal que llega a ser pertinente, es para supervisar que el trabajo en la maquinaria se esté realizando correctamente, en el caso de un sistema automático.
- Aumento en la velocidad de trabajo. Hacer uso de maquinaria tanto pesada como simple, permite disminuir los tiempos entre los procesos involucrados en la fabricación de un producto.

1.7. Mantenimiento

El mantenimiento se puede definir como “conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.”⁵ De esta manera, se establece que la persona encargada de realizar el mantenimiento, debe cuidar y cambiar (de acuerdo con el presupuesto comprendido por la empresa) todos los medios de producción, ya sea maquinaria o equipos, que sean útiles para la manufactura de un producto determinado. Esto se hace con el fin de evitar e, incluso, corregir todo tipo de error o falla que se

⁵ GARRIDO, Santiago. *Ingeniería de mantenimiento*, p. 1

presente, siempre buscando que los procesos se realicen de la manera más eficiente posible.

1.7.1. Objetivos del mantenimiento

Existen ciertos objetivos fundamentales que deben lograrse al momento de realizarse un mantenimiento de cualquier tipo. Estos objetivos son:

- Asegurar y mantener una larga vida útil de la máquina y de los equipos dentro de la planta de producción de la empresa.
- Ofrecer disponibilidad de producir en las instalaciones de producción en cuanto a la maquinaria y el equipo por utilizarse en cada uno de los procesos.
- Garantizar la fiabilidad para cumplir un plan de producción previsto.
- Cumplir con la vida útil, disponibilidad y fiabilidad, ajustándose a un presupuesto establecido.
- Reducir costos en los procesos de manufactura a causa de maquinaria y equipos defectuosos.

1.7.2. Tipos de mantenimiento

Para la empresa vidriera se distinguen tres tipos de mantenimiento que ayudan a garantizar el buen funcionamiento de la maquinaria: preventivo, correctivo y predictivo.

1.7.2.1. Preventivo

El mantenimiento preventivo hace referencia a la inspección periódica tanto en los equipos como en la maquinaria dentro de la planta de producción. Esto con el fin de verificar el estado de las partes y piezas que conforman cada mecanismo para garantizar su buen funcionamiento. En otros términos, mantenimiento preventivo es el que se realiza con anticipación para prevenir todo tipo de falla en los equipos y la maquinaria del lugar. Se realiza mediante un programa de actividades, en el cual se logre anticipar los posibles errores que se puedan presentar.

1.7.2.2. Correctivo

Es aquel que se realiza con el objetivo principal de corregir una falla que ya se haya presentado. Prácticamente, el mantenimiento correctivo requiere identificar con urgencia qué está obstaculizando el correcto proceso, para que de esta manera se logre reparar y, a su vez evitar, todo tipo de costo que le traiga a la empresa esa falla.

Es común que en una industria se presente con mayor auge el mantenimiento correctivo, es así como es necesario analizar a profundidad la causa de ese problema en el proceso de manufacturación. Asimismo, evaluar las distintas alternativas de reparación, para que se lleve un control sobre las fallas que podrían llegar a presentarse en un futuro y establecer de qué forma evitarlas.

1.7.2.3. Predictivo

Es aquel que requiere de un conjunto de actividades para la toma de decisiones y de técnicas que son aplicables para identificar con facilidad todo tipo

de defectos en los equipos y maquinaria mientras esta está en operación. Mantenimiento predictivo se presenta con el fin de evitar todo tipo de paros de emergencia y que sea antieconómico para la industria en general. Para ello se requiere de ciertas variables como son: el tiempo de operación, consumo de energía, y otros. Entre las ventajas que se presentan al aplicar mantenimiento predictivo en una planta de producción son:

- Se conoce el estado de la maquina en distintos puntos.
- Solo se realizan paros programados cuando realmente sea de vital necesidad para realizar la reparación en el equipo o maquinaria.
- Requiere de menor personal para realizar el mantenimiento en la estación de trabajo.
- La vida útil de los repuestos dura el tiempo que realmente debe ser, debido a que el cambio no se realiza por percepción del encargado únicamente.

1.7.3. Lineamientos

Para llevar a cabo el mantenimiento de la maquinaria y del equipo, se debe seguir un debido proceso. Los lineamientos para realizar su mantenimiento son los siguientes:

- Correctivo

Los operarios encargados de ciertas áreas serán los que observarán cualquier tipo de falla, error o problema que pueda presentarse en la maquinaria y el equipo de la planta de producción. Para ello, se procede a comunicarle al jefe

de mantenimiento o al responsable directo de la gestión para llevar a cabo las medidas respectivas.

La planta debe llevar un control de las reparaciones por realizarse en una ficha de mantenimiento de cada máquina, para que sea útil y establecer todos los costos involucrados, los materiales y los recursos humanos necesarios para realizar dicha reparación. De esta manera, se recomienda que el responsable de la gestión de las fallas debería analizar e inspeccionar el mantenimiento realizado e ir aplicando acciones correctivas si en dado caso se procede.

Finalmente, se debe presentar una revisión final sobre el sistema o mecanismo revisado a través de un plan de mantenimiento realizado para ser utilizado si en dado caso el problema llega a presentarse en un futuro.

- Preventivo y predictivo

A pesar de que el mantenimiento preventivo y predictivo no son considerados lo mismo, el proceso de aplicación de la gestión de mantenimiento en la empresa es similar. Mientras que la gestión de mantenimiento preventivo se aplica para mantener el equipo y las instalaciones funcionando satisfactoriamente a modo de prevención, el mantenimiento predictivo se realiza únicamente cuando sea realmente necesario.

Como no se ha presentado con exactitud una falla, se aplica a través de un plan de mantenimiento. Se indican las actividades y el tiempo entre cada periodo para ambos tipos de mantenimiento. Es importante mencionar que este plan de mantenimiento preventivo y predictivo debe ser elaborado por el responsable o jefe encargado de dicha tarea. De igual manera, se debe llevar un control en cada sistema o mecanismo revisado en una ficha de mantenimiento de cada máquina.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Departamento de producción

El departamento de producción en la empresa vidriera se dedica directamente a la fabricación y a la manufactura de envases de vidrio. Busca establecer una planificación de producción y de los recursos que permite definir qué capacidad debe traer consigo la maquinaria y el proceso en general. Asimismo, se encarga de verificar que los requerimientos de estandarización que el cliente desea se están aplicando en el proceso de producción.

2.1.1. Descripción y características de productos

El vidrio se forma con diferentes tipos de sales. El componente más importante es el dióxido de silicio en forma de arena. Para fabricar el vidrio común se añaden carbonato sódico y piedra caliza (carbonato de calcio).

El vidrio es el más universal de los envases, al no contar con contraindicación de uso alguna.

Está presente en la práctica total de los sectores y en algunos de ellos en exclusiva, aunque es la industria agroalimentaria a la que más estrechamente ligado se encuentra.

Es un material de estructura amorfa, que se obtiene por enfriamiento rápido de una masa fundida lo cual impide su cristalización.

De aquí surge otra definición que dice que el vidrio es un líquido sobre enfriado. Esto quiere decir de altísima viscosidad a temperatura ambiente, por lo que parece un sólido.

Cuando se encuentra a 1 450°C es un líquido de baja viscosidad. A esa temperatura su viscosidad es parecida a la de la miel. A temperatura ambiente el vidrio se comporta estructuralmente como un líquido congelado, dicho de otra forma, es un líquido que se enfría tan rápidamente que es imposible que se formen cristales.

En la actualidad el envase de vidrio ocupa una parte muy importante dentro de la industria alimenticia, ya que por ser el único empaque que conserva la pureza,

calidad y mantiene inalterable el sabor de los alimentos brinda la confianza que todo consumidor busca en los productos que ingiere.

VIGUA cuenta con una amplia gama de envases alimenticios, idóneos para salsas de tomate, alimentos en conserva, mayonesa, mostaza, aderezos, jaleas, bebidas, y otros, los cuales comercializa localmente con clientes de alto consumo a través de sus distribuidoras que atienden clientes al detalle. También cuenta con una amplia variedad de diseños de envases para el área farmacéutica, principalmente fabricados en color ámbar para protegerlos de la luz y conservar sus propiedades químicas, a excepción de algunos como los que se utilizan para sueros que en su mayoría son cristalinos.

Diseñados para envasar jarabes, cápsulas, etc., existe una amplia gama de capacidades en presentaciones desde 13ml hasta 1L y la mayoría de ellos son envases redondos con corona rosca.

Además cuentan con una línea de cristalería de amplia variedad de vasos con diseños impresos y sin impresión para todo uso, para cubrir todas las necesidades de sus clientes en cuanto a formas, capacidades, acabados, usos y gustos de diferentes mercados.⁶

La línea de productos que se manufacturan en esta industria son directamente envases de vidrio. Sin embargo, estos son según el tipo de cliente de acuerdo con su tamaño y presentación como tal. Los distintos tipos de productos son:

- Licores

La estructura del vidrio utilizado para industrias licoreras debe garantizar no cambiar el aroma, sabor, pureza y todas las especificaciones del contenido. Por lo general, el diseño de los envases de licores requiere de elegancia. En la siguiente figura se muestran algunos diseños de envases fabricados en la planta:

⁶ VIGUA, S.A. *Manual de seguridad*.

Figura 3. **Envases fabricados de licores**



Fuente: VIGUA, S.A. *Manual de seguridad.*

- **Soderas**

Se fabrican envases de vidrio para industria que manipulan bebidas carbonatadas. Llegan a ofrecerse variedad de envases tanto retornables como no retornables, de muchos diseños y formas, así como de capacidades diferentes. Los envases utilizados en empresas soderas deben mantener la pureza y el sabor original del producto a ser ingerido dentro del envase. A continuación, se muestran algunos diseños:

Figura 4. **Envases fabricados de soderas**



Fuente: VIGUA, S.A. *Manual de seguridad.*

- Alimentos

Los envases de vidrio también se fabrican para industrias alimenticias. Estas deben proveer una buena higiene garantizando que fueron producidas según buenas prácticas de manufactura adecuadas. Se debe garantizar que no se altera la composición en cuanto al aroma, sabor, propiedades del alimento en general. A continuación, se muestran algunos diseños:

Figura 5. **Envases para productos alimenticios**



Fuente: VIGUA, S.A. *Manual de seguridad*.

- Cerveza

Se manufactura envases de vidrio para industrias cerveceras. Estos envases deben tener la peculiaridad que garantizar que su contenido mantenga el sabor, pureza, frescura y aroma. Estos envases, por lo general, se hacen tanto retornables como no retornables, así como de distintos tamaños (capacidad) como de colores, todo a deseo del cliente. Los empaques y las etiquetas también son situados en los envases por esta industria. A continuación, se muestran algunos diseños:

Figura 6. **Envases para cervezas**



Fuente: VIGUA, S.A. *Manual de seguridad.*

2.1.2. Materia prima

La materia prima es el conjunto de componentes que pasan por distintos procesos para formar un producto terminado o un bien de consumo. Para Vidriera Guatemalteca, S.A. las principales materias primas utilizadas para formar los envases de vidrio son la arena sílice, caliza, feldespatos y *cullet*.

2.1.2.1. Arena sílice

La arena sílice es un tipo de arena con una gran cantidad de silicio en sus propiedades, considerada como estable e insoluble en el agua. Es uno de los materiales principales para la fabricación de envases de vidrio. Sin embargo, también es utilizada para la porcelana o la cerámica. Entre sus características principales está: composición de gravas y arena, no trae consigo efectos tóxicos, alta resistencia a reactivos químicos, resistencia a altas temperaturas y proporciona dureza al envase de vidrio.

2.1.2.2. Caliza

La caliza es una roca compuesta por distintos minerales de carbonato como el calcio y magnesio. Entre las propiedades que proporciona a los envases de vidrio están: durabilidad, versatilidad y estabilidad en su estructura. Este tipo de mineral llega a considerarse como un recurso natural no renovable.

2.1.2.3. Feldespato

Trae consigo ciertos silicatos como el aluminio, sodio, calcio y potasio. Es un mineral de tipo duro que trae consigo ciertas propiedades como: una estructura cristalina simétrica, una dureza comprendida entre 6 y 6,5, su peso específico es de aproximadamente 2,5 y 2,8. El feldespato se utiliza sobre todo para la fabricación y manufacturación del vidrio como tal. Estabiliza la mezcla mediante la temperatura de fusión y así aumenta su resistencia química y su dureza.

2.1.2.4. Cullet

El *cullet* es para el reciclaje de envases de vidrio ya utilizados, considerado como vidrio molido o residual. El fin primordial del cullet es el ahorro de energía en la planta de producción, debido a que, a partir de este componente, se evitan varios procesos. Se procede a llevarlo a un horno para su fundición de manera directa, ahorrándose a su vez, gran cantidad de la demás materia prima (arena sílice, caliza y feldespato). Es de gran importancia que los distintos colores de *cullet* sean separados, ya que cada uno está compuesto de diferentes cantidades de cada materia prima.

2.1.3. Descripción del proceso

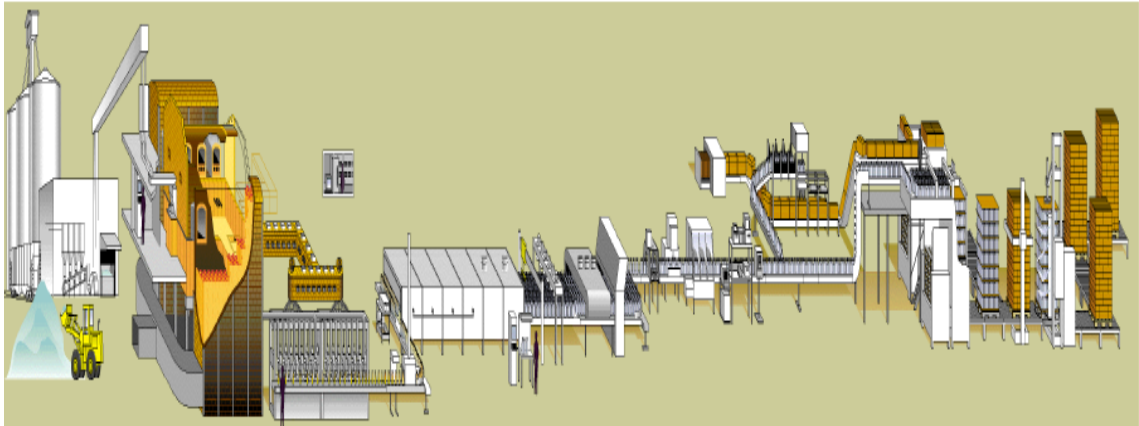
El proceso de manufacturación de los envases de vidrio dentro de esta industria requiere de distintas fases que permiten la adecuada producción. Estas fases son:

- Recepción de materia prima: es de vital importancia que la materia prima al recibirse en las instalaciones de la empresa estas sean evaluadas en un laboratorio para verificar que cumplan con la inocuidad adecuado y que cumplan con ciertas especificaciones.
- Materia prima: en el caso de la caliza, al ser una piedra se debe moler. Asimismo, el material reciclado (*cullet*), debe ser separado por colores al tener composiciones diferentes en su mezcla. Seguidamente se quiebra para que se les permita remover todo tipo de basura. Se tritura, se lava y se une a la materia prima virgen para ser procesada como nueva.
- Mezclado: se establece la cantidad correcta de cada una de las materias primas, para garantizar que se tenga una mezcla homogénea de acuerdo con la fórmula química necesaria para el vidrio deseado.
- Fundición: para esta fase del proceso de manufacturación, se hace uso de un horno tanque (mayor eficiencia en el uso de combustible para su funcionamiento). Permite un flujo continuo de vidrio para alcanzar altas temperaturas, aproximadamente 1 450 - 1 550 °C a lo largo de todo el horno.
- Formado: se presenta un flujo de vidrio fundido desde que sale del horno tanque hasta llegar a la máquina IS (Individual Section). Sin embargo, en

este flujo se necesita ir variando la temperatura para que exista una estructura de vidrio homogéneo. En este flujo se tiene una temperatura ambiente de aproximadamente 50 °C; al llegar a la máquina de secciones individuales, se introduce la mezcla a los moldes para formar el envase de acuerdo con el diseño requerido, y finalmente se presenta el soplado final que puede ser de tipo soplo-soplo o prensa-soplo según el diseño y especificaciones del envase, que se presentan con mayor detalle más adelante.

- Recocido/templado: seguidamente se lleva el envase hacia el horno de recocido continuo, en donde se les aplica una determinada temperatura para un enfriamiento controlado a través distintos tratamientos.
- Revisado: posteriormente, se procede a llevar a través de una banda transportadora hacia máquinas de inspección y así ir descartando todas aquellas que presenten algún tipo de defecto o falla en su diseño. Asimismo, un operario se encarga de realizar una inspección visual.
- Decorado: los envases son llevados al área de decorado, donde se les aplica una pintura adherente al vidrio, y se introducen en un horno donde permite que la pintura se seque fácilmente. Es vital la inspección visual que realiza un operario cuando finaliza esta fase, para verificar la calidad del decorado. Sin embargo, esta etapa del proceso no es aplicada a todos los envases, dependerá de las especificaciones definidas por el cliente.
- Empaquetado: finalmente, los envases se empacan y son llevados a la bodega de producto terminado para la entrega al cliente.

Figura 7. **Proceso**

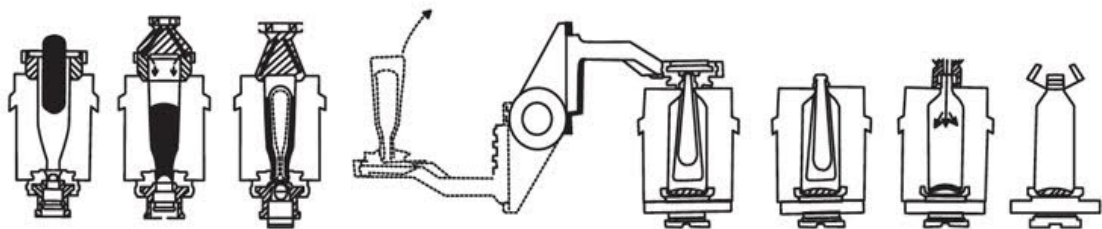


Fuente: Vidriera Guatemalteca.

2.1.3.1. Proceso soplo-soplo

El proceso soplo-soplo consiste en que la mezcla después de su fundición al llegar a la máquina IS, se introduce al molde y así se crea la corona del envase, de esta manera se sopla y se forma el premolde de la botella. Seguidamente se cambia de posición opuesta de la botella para que la corona quede hacia arriba, y se sopla nuevamente. Una vez se hayan realizado ambos soplos, se queda la estructura final del envase. A continuación, se presenta gráficamente el proceso descrito anteriormente:

Figura 8. **Proceso soplo-soplo**

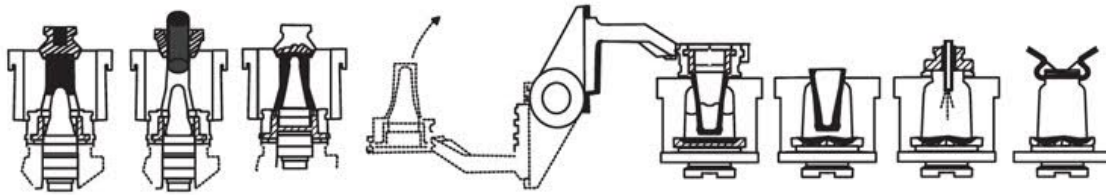


Fuente: *Manual de ingeniería y diseño de envases y embalajes.*

2.1.3.2. Proceso prensa-soplo

El proceso prensa-soplo es similar a soplo-soplo, la diferencia radica en que este consiste en aplicarle un pistón para formar la estructura del envase. Seguidamente, se invierte la posición de la mezcla y se le realiza el soplo para su forma final. A continuación, se presenta el proceso descrito anteriormente:

Figura 9. **Proceso prensa-soplo**



Fuente: *Manual de ingeniería y diseño de envases y embalajes.*

2.1.4. Análisis de desempeño

Es imprescindible identificar todos aquellos aspectos que afectan un buen desempeño dentro de la planta de producción. Este resulta siendo una forma de establecer todos aquellos parámetros que logran facilitar y agilizar el proceso y las operaciones por ser realizadas.

2.1.4.1. Factores que afectan la producción

Para realizar un correcto análisis de desempeño, se tienen ciertos factores que afectan la producción como tal en la empresa, entre los cuales están:

- Maquinaria obsoleta

La presencia de maquinaria obsoleta dentro de la planta de producción de envases de vidrio afecta directamente al desempeño. Llega a impedir que no sea lo más eficiente posible debido a que se debe invertir de mayor tiempo y dinero. Asimismo, no garantiza la optimización en la ejecución de los procesos relacionados con la manufactura de los envases.

- Personal

Se debe verificar que el personal que realiza las operaciones en la producción del envase esté altamente capacitado. Debido a que este, al no tener habilidades desarrolladas respecto de los procesos de la industria, puede llegar a perjudicar la correcta planeación de la producción.

- Materia prima

Este es quizá uno de los factores más importantes para la producción, ya que la falta de materia prima trae como consecuencias: no lograr los estándares de calidad en los envases de vidrio, no cumplir con la cantidad producida de envases pedidos por el cliente. Sin embargo, una de las ventajas que tiene consigo esta industria vidriera es que muchos envases que ya fueron utilizados por los consumidores llegan a ser reciclados.

2.1.5. Descripción del equipo

Es importante que para tener éxito y ganancias al realizar un cambio de tecnologías de maquinaria en los procesos de producción se cuente con información del activo como el fabricante, modelo, tipo de máquina, temperatura

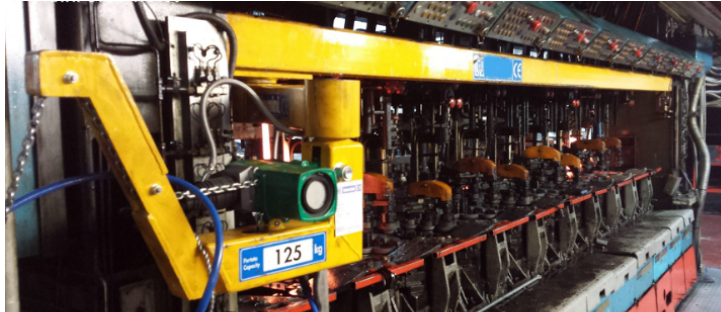
máxima, entre otros. Esto ayudará en gran medida a conocer el modo de uso, el rendimiento potencial por obtener y los recursos necesarios para su funcionamiento.

2.1.5.1. Máquina IS

Máquina IS es un tipo de máquina industrial que permite la manufacturación de envases de vidrio. Sus siglas I.S. significan Individual Section, que en español son secciones individuales, en estas secciones es donde se aplica el proceso soplo-soplo o prensa-soplo, respectivamente. Este tipo de maquinaria permite ser controlada mediante un eje circular y eje de levas. A partir de ello realiza revoluciones constantes, lo que equivale a un ciclo completo de máquina IS. Es importante mencionar que este tipo de máquina trabaja 24/7, es decir, 24 horas por día, los 7 días de la semana, a menos que sea pertinente realizar un paro programado para cambio de moldura o mantenimiento necesario.

En cuanto a su funcionamiento consiste en una gota del fluido del vidrio entra a la máquina por una cavidad y llega a una parte del molde establecido, se expande con aire comprimido o pistón (de acuerdo con el proceso que se realice). Luego, esta invierte su posición y lo coloca con la otra parte de la moldura, se vuelve a utilizar aire comprimido y se forma el envase de vidrio en la máquina.

Figura 10. **Máquina IS (Individual Section)**



Fuente: BDF Industries.

2.1.5.2. Ficha técnica de maquinaria

La ficha técnica de maquinaria en la industria vidriera es de mucha ayuda para establecer todas las características, propiedades y especificaciones que trae consigo cada equipo dentro de la planta. Así, el Departamento de Mantenimiento IS logra conocer más a profundidad del funcionamiento y el sistema que lo compone para aplicar medidas preventivas y correctivas con mayor facilidad en cuanto a su mantenimiento. Entre algunos de los lineamientos que debe contener una ficha técnica de la maquinaria dentro de la empresa se encuentra:

- Fabricante
- Tipo de maquinaria
- Modelo
- En caso de ser máquina IS, definir el número de secciones
- Tamaño
- Rapidez
- Temperatura máxima
- Peso

- Software que utiliza
- Presión máxima soportada
- Tipo de lubricante necesario
- Entre otros

2.1.6. Método de costo por hora de maquinaria

El método de costo por hora de maquinaria requiere de la suma de costo horario por inversión, posesión, operación y materia prima necesaria como tal. Este estudio pretende analizar la cantidad de dinero que se necesita para hacerla funcionar, y a su vez, mantenerla en un estado propicio durante su operación. De esta manera, se realiza un adecuado programa de mantenimiento, la depreciación y los seguros correspondientes. Asimismo, este método le permite a una determinada industria proyectar el presupuesto que necesita invertir mientras la maquinaria se encuentra en funcionamiento en los procesos de manufactura. De este modo, el cálculo del costo-hora de maquinaria se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$C_T = C_i + C_p + C_o + C_{MP} \quad (1)$$

Donde:

C_T = costo-hora de maquinaria

C_{in} = costo de inversión

C_p = costo de posesión

C_o = costo de operación

C_{MP} = costo de materia prima

2.1.6.1. Costos de inversión

Los costos de inversión se definen como aquella cantidad monetaria necesaria para la adquisición de un determinado bien. Para ello, se debe considerar en gran medida de su vida útil, el valor de rescate luego de un período establecido, el seguro requerido por ser maquinaria pesada. Los costos por inversión son también llamados costos preoperativos, al ser aquellos que son necesarios para poner en operación y/o funcionamiento.

2.1.6.1.1. Valor de adquisición

El valor de adquisición es el precio al cual se compra un bien, al haber realizado cotizaciones en los distintos proveedores de venta de maquinaria, en este caso. Para ello, es importante tomar en cuenta si esta compra se efectúa a nivel nacional o internacional; esto para establecer los distintos costos incurridos como: embalajes, fletes, y otros. Se debe mencionar que este valor hace referencia a adquirir maquinaria nueva, igual o similar a la ya instalada en la industria, y que debe ser actualizado el valor de acuerdo con la fecha en que se esté realizando el cálculo horario.

2.1.6.1.2. Valoración económica de inversiones

Es importante que, para llevarse a cabo este proyecto, se realice un análisis de manera financiera para la inversión y toma de decisiones. El fin de realizar este análisis, es para garantizar que la empresa generará beneficios al invertir en esta nueva tecnología. De modo que se logrará identificar todos aquellos recursos necesarios para lograr resultados esperados.

2.1.6.1.2.1. Tasa de interés

La tasa de interés se define como un tipo de expresión de cierto valor del dinero en un periodo. En términos más generales, este interés es la diferencia existente entre el monto final de dinero y el monto original. De esta manera, la tasa se presenta cuando el interés a pagarse referente a una determinada unidad de tiempo se expresa como porcentaje de la suma original. A esta unidad de tiempo se le llama periodo de interés, y mayormente se expresa en años. La tasa de interés se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de interés } i (\%) = \frac{\text{interés acumulado por unidad de tiempo}}{\text{suma original}} * 100 \% \quad (2)$$

2.1.6.1.2.2. Valor de rescate

También llamado valor de salvamento, es aquel valor de dinero al cual puede venderse un determinado bien en un periodo en específico. Es importante mencionar que al reemplazarse el equipo o maquinaria que actualmente está instalada, se supondría que “se vende la maquinaria que está en uso, lo cual provoca un ingreso que disminuye el desembolso inicial que debe reemplazarse al comprar el equipo nuevo. Si el problema es seleccionar una alternativa, entonces el valor de salvamento también representa un ingreso, pero este se obtendrá hasta el final del periodo de análisis.”⁷

Por lo general, el valor de rescate de maquinaria pesada es de aproximadamente el 20 % - 25 % de su valor de adquisición.

⁷ BACA, Gabriel. *Fundamentos de ingeniería económica*. p. 135.

2.1.6.1.2.3. Vida económica

La vida económica se define como “el número de años n en que son mínimos los costos del valor anual uniforme equivalente, tomando en consideración las estimaciones del costo más vigente, durante todos los años que el activo pudiera suministrar el servicio.”⁸ Es decir, para esta empresa vidriera, la vida económica útil en la maquinaria es aquel periodo en el que esta puede realizar sus operaciones y funcionamientos requeridos, sin la necesidad de que sus costos de operación lleguen a incrementarse más que la producción económica que genera.

Entonces, la vida económica llega a ser el tiempo límite en el que la maquinaria trabaja eficientemente, generando una utilidad aceptable. Para ello, se requiere realizar un mantenimiento constante para garantizar que no genere pérdidas monetarias para la industria. Cuando la máquina, a pesar de su debido mantenimiento, no logra generar una utilidad óptima, es el punto máximo de su vida útil económica. Esta debería ser vendida y reemplazada para la mejora en los procesos.

Una vez establecido lo anterior, se tiene que para el cálculo de costo por inversión se representa por la siguiente ecuación:

$$C_{in} = \frac{(V_m + V_r) \cdot i}{2H_{ef}} \quad (3)$$

Donde:

C_{in} = costo por inversión sin seguro

V_m = valor de la máquina considerada como nueva

⁸ BLANK, Leland. *Ingeniería económica*. p. 401.

Vr = valor de rescate de la máquina

i = tasa de interés anual

Hef = cantidad de horas efectivas de trabajo durante un año

2.1.6.1.2.4. Seguros actuales

Un seguro se define como una forma de cobertura para garantizar protección frente a un daño no previsto e inevitable, cobrado a través de una prima por ser abonada. En los seguros de la empresa se considera la tasa anual para que el propietario pague un cierto porcentaje a una compañía de seguros para proteger un bien determinado. Actualmente, se cuenta con seguros para maquinaria, y así garantizar la protección ante los riesgos dentro de la planta. El cálculo directo en términos horarios en cuanto a seguros de la maquinaria, se requiere del establecimiento del valor de la póliza en que están protegidos los equipos en la industria.

Se comprende ciertas clasificaciones en cuanto a los aspectos que cubren estos seguros para la maquinaria dentro de la industria vidriera:

- Daños totales por incendio o accidente
- Daños parciales por incendio o accidente

Para determinar la cantidad monetaria horaria necesaria en cuanto a seguros de la maquinaria, se necesita de la siguiente ecuación:

$$C_s = \frac{(V_m + V_r) * P_s}{2H_{ef}} \quad (4)$$

Donde:

Cs = costo por seguros

Vm = valor de la máquina considerada como nueva

Vr = valor de rescate de la máquina

Ps = prima de seguro anual

Hef = cantidad de horas efectivas de trabajo durante un año

2.1.6.1.2.4.1. Primas de seguros

Una prima de seguros se define como el precio general del seguro, es decir, la cantidad monetaria que el propietario debe pagar para cubrir la garantía ante los distintos riesgos establecidos en un seguro determinado. Este monto depende de los aspectos estipulados en la póliza de seguros pactada, así se debe tener en cuenta la duración del contrato para la maquinaria y de la cantidad límite de la indemnización por el riesgo.

Las primas de seguros se pueden clasificar como:

- Prima periódica: hace referencia en que se abona periódicamente, es decir, el pago se realiza por plazos mientras su duración está activa.
- Prima única: es la que se abona a través de un solo pago.
- Prima fraccionaria: se calcula a través de un establecido periodo de tiempo. Es importante mencionar que el pago y vencimiento se lleva a cabo por periodos y no trae consigo intereses.
- Prima fraccionada: se calcula a través de un establecido periodo de tiempo. De esta manera, el pago se realiza por periodos, sin embargo, el

vencimiento se lleva a cabo al finalizar la totalidad de pagos. Asimismo, este tipo de prima sí trae consigo intereses.

2.1.6.1.2.5. Flujo de efectivo

El flujo de efectivo es una herramienta que permite visualizar y analizar de mejor manera cómo fluye el dinero a través del tiempo. A partir de este, se logra establecer qué cantidad monetaria contempla la empresa luego de realizados ciertos costos, gastos, intereses y pago de capital. Se analizan todas las entradas y salidas de efectivo en cuanto a actividades de operación, para determinar el efectivo que se tiene al comienzo de otro periodo contable, y conocer qué tan rentable es invertir en cierto proyecto a través del impacto que trae consigo para la empresa. Si el saldo es positivo al finalizar el ejercicio, este será beneficioso; si es negativo, entonces será perjudicial.

2.1.6.2. Costos por posesión de maquinaria

Los costos por posesión de maquinaria son todos aquellos costos fijos relacionados con su ciclo de vida útil. Estos estarán siempre presentes sin influir directamente con la operación y la cantidad de horas que la maquinaria está en uso. Los costos de posesión, también llamados costos por existencia dependen directamente del tiempo de permanencia del bien en la industria. Es así como, mientras mayor sea el tiempo en que la maquinaria se encuentre en la empresa, mayores serán los costos por posesión, debido a que año con año, la maquinaria se irá depreciando.

2.1.6.2.1. Depreciación de maquinaria

La depreciación hace referencia a la reducción en el valor de adquisición de un bien a través del tiempo. Esta disminución en el activo se presenta por el desgaste en que se somete por ser obsoleta y por su antigüedad. Generalmente, su valor de depreciación depende de la vida útil estimada para la maquinaria, tomando en cuenta el deterioro por su uso y el costo cambiante por la inflación.

2.1.6.2.1.1. Fundamento legal

De acuerdo con la Ley de ISR de Guatemala Actualizada al decreto 4-2012, artículo 19, inciso d Porcentajes de depreciación establece que: “Los semovientes utilizados como animales de carga o de trabajo, maquinaria, vehículos en general, grúas, aviones, remolques, semirremolques, contenedores y material rodante de todo tipo, excluyendo el ferroviario. 20 %”.

Esta ley también establece que para el cálculo de depreciación, se utiliza el valor del costo de adquisición o de producción, tomando como referencia los costos de instalación, montaje y motivo de la compra.

2.1.6.2.1.2. Métodos de depreciación

Para calcular la depreciación de maquinaria, existen métodos que dependerán del bien, empresa y el país en que se encuentra:

- Método de la línea recta

El método de la línea recta pretende disminuir su valor de forma lineal respecto al tiempo. Cabe destacar que en este método no se toma en cuenta la

utilización del activo como tal. Es uno de los más utilizados al ser de los más simples, asumiendo que se habla de la obsolescencia progresiva.

En términos generales, para calcular el valor de depreciación de línea recta horaria se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$C_{D_1} = \frac{V_m - V_r}{n} \quad (5)$$

Donde:

CD = costo por depreciación LR

n = vida económica en horas

- Método de actividad o unidades producidas

Este método es opuesto al de línea recta, en el que se considera la utilización y el rendimiento de la maquinaria en general. De esta manera, se debe tomar en cuenta el número de envases producidos y del número de horas de operación. Su cálculo se realiza a través de:

$$C_{D_2} = \frac{V_m - V_r}{N_u} \quad (6)$$

Donde:

CD2 = costo por depreciación UP

Nu = número de unidades producidas

- Método de la suma de dígitos anuales

En el método de la suma de dígitos anuales se toma en cuenta la vida útil económica de la maquinaria, y sumar el número de años a través de una proporción. Es importante mencionar que este método es poco común a ser utilizado debido a que se considera poco exacto para el monto real de la depreciación del bien. Asimismo, se realiza la conversión para obtener el dato en horas, y utiliza la siguiente ecuación:

$$C_{D_3} = \frac{n}{\sum n_i} * V_m \quad (7)$$

Donde:

CD3 = costo por depreciación SD

ni = sumatoria de todos los años correspondiente a la vida útil económica

2.1.6.3. Costos de operación de maquinaria

En términos generales, los costos de operación se consideran como todos aquellos que se relacionan para poner a trabajar la maquinaria. Estos se presentan precisamente después de realizada la inversión del bien y hacerla activar. Para determinar los costos de operación de maquinaria por hora, se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Lubricantes, combustibles y grasas
- Mantenimiento y reparaciones
- Consumo eléctrico
- Mano de obra directa (recurso humano)

Por tanto, el costo de operación se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$C_o = C_l + C_m + C_{ce} + C_{mo} \quad (8)$$

Donde:

Co = costo de operación

Cl = costo de lubricantes, combustibles y grasas

Cm = costo de mantenimiento

Cce = costo de consumo eléctrico

Cmo = costo de mano de obra directa

2.1.6.3.1. Costo de lubricantes, combustibles y grasas

El costo por lubricantes, combustibles y grasas se deriva del consumo y el cambio constante (periódico) de los distintos componentes de aceites de los motores en cada maquinaria dentro de la empresa vidriera. Sin embargo, es importante mencionar que, para cada componente, su cálculo horario se realiza de distintas maneras.

- Costo de lubricante y grasas

Para los lubricantes y las grasas necesarias para el buen funcionamiento de la maquinaria, se procede a realizar su cálculo horario de la siguiente manera:

$$C_{lub} = (A_h + G_a) * P_a \quad (9)$$

Donde:

Club = costo de lubricante y grasas

Ah = cantidad de lubricante consumidos por hora efectiva de trabajo

Ga = consumo entre cambios sucesivos de lubricante (capacidad del recipiente dentro de la máquina o equipo)

Pa = costo de los lubricantes (por litro)

- Costo de combustibles

Para el cálculo del costo de combustible para las distintas máquinas pesadas dentro de la industria vidriera, se utiliza la siguiente ecuación para su cálculo:

$$C_{co}=Gh*Pc \quad (10)$$

Donde:

Cco = costo de combustibles

Gh = cantidad de combustible utilizado por hora efectiva de trabajo (en litros)

Pc = precio del combustible (por litro)

2.1.6.3.2. Costo de mantenimiento y reparaciones

El costo de mantenimiento engloba todos aquellos elementos que se refieren a las acciones y a las medidas necesarias para conservar la maquinaria en buenas condiciones; con el único fin que esta realice su funcionamiento normal durante su vida económica. Asimismo, se enlazan las reparaciones periódicas, como cualquier material necesario para esa reparación. Puede decirse que este costo es uno de los más variantes entre cada periodo de cálculo.

2.1.6.3.2.1. Plan de mantenimiento preventivo

El mantenimiento es necesario para garantizar el correcto funcionamiento de la maquinaria en las distintas áreas de la empresa relacionadas a la manufactura de los envases. Actualmente, Vidriera Guatemalteca, S.A. realiza el mantenimiento preventivo en tres distintos departamentos: mantenimiento eléctrico, mantenimiento electrónico y mantenimiento mecánico, los cuales son dirigidos por la Gerencia de Ingeniería de Planta, para así elaborar el plan de mantenimiento preventivo para el equipo y la maquinaria.

Cuando se inicia un nuevo mes, se registran distintos programas semanalmente para que, a partir de este, se establezcan órdenes de trabajo para planificar las actividades y las medidas a ser tomadas por el personal de la empresa encargada de realizar el mantenimiento. Una vez que se generan las órdenes de trabajo, se asegura que cada departamento involucrado a ese mantenimiento esté enterado de las medidas preventivas necesarias, y así disponer del equipo necesario por utilizar. Al ser realizadas las medidas preventivas, el jefe de área inspecciona la labor realizada y si la da por aceptada, se concluye el mantenimiento preventivo y se registra la finalización de la orden de trabajo.

2.1.6.3.3. Pronóstico probabilístico de fallas de equipos

En la industria vidriera se busca profundizar y analizar la posibilidad de evitar las fallas por distintas razones en la maquinaria de la planta de producción. Para ello, se toma en cuenta los diagnósticos y/o pronósticos de fallas, en los cuales la disponibilidad de los equipos y los sistemas llega a ser crítica, así como su mantenimiento como tal.

A partir de este pronóstico probabilístico de fallas de equipos se logra detectar rápidamente y de forma precisa el origen de los defectos, para corregirlos y así disminuir costos imprevistos y mejorar la confiabilidad y seguridad en la planta. Para estas fallas en los equipos, es indispensable que el personal operativo conozca las formas usuales de fallas en los equipos y maquinaria, y realizar los procedimientos necesarios para diseñar las reparaciones pertinentes.

2.1.6.3.3.1. Paros programados

Se cuenta con paros programados en la planta. Sin embargo, esto se lleva a cabo solamente cuando sea urgente realizarse y no en la totalidad de la planta productiva, debido a que por el tipo de maquinaria y los hornos que se tiene en la planta llegaría a perjudicar considerablemente la producción y en aspectos económicos de la misma. El cambio de maquinaria requiere directamente de este paro programado para poner en marcha una producción de prueba y garantizar que la máquina está funcionando de la manera más óptima posible. Por otro lado, analizar si produce los envases de vidrio de acuerdo con los estándares y/o requerimientos ya establecidos. Es importante que, al realizar este paro programado, todos los involucrados tengan conocimiento previo a ello para evitar dificultades en los distintos departamentos.

Para realizar un paro programado, se tiene que plantear ciertas metas y objetivos del porqué de la realización de este paro. Así, establecer el alcance de los puntos críticos que necesitan tener un mejor control. Seguidamente, poner en práctica las estrategias planificadas y documentar los resultados acerca de inspecciones, reparaciones y reemplazo de los equipos. Este plan debe desarrollarse con anticipación para que no se presente una pérdida de producción.

2.1.6.3.3.2. Piezas de desgaste rápido

Las piezas de desgaste rápido son indispensables dentro del mantenimiento de los equipos y la maquinaria. Durante su operación, el desgaste y la rotura de las piezas son inevitables y se torna necesario definir las causas de su desgaste. Al establecer estas causas, permite realizar medidas de mantenimiento y reparación; si no se realiza ese mantenimiento, las deficiencias y la reducción de productividad en la planta estarán presentes. Entre los ejemplos de piezas de desgaste rápido se encuentran: cojinetes y retenedores. Para el cálculo de piezas de desgaste rápido por hora de la maquinaria se procede con la siguiente ecuación:

$$C_{pe} = \frac{V_a}{n_a} \quad (11)$$

Donde:

C_{pe} = costo horario por piezas especiales de desgaste

V_a = valor de las piezas especiales de desgaste

n_a = vida económica en horas de piezas especiales

2.1.6.3.3.3. Inventario de repuestos

En la empresa Vidriera Guatemalteca, S.A. se cuenta con una reserva de repuestos para la maquinaria. Este inventario de repuestos es de ayuda cuando al presentarse alguna falla por causa de piezas especiales, se cuenta en inventario en el almacén de la industria, y así evitar el aumento de costos y tiempo por la falla.

Es importante que esta cantidad sea lo más óptima posible, debido a que las fallas por piezas desgastadas no se tiene con gran frecuencia, por lo que al haber mucho inventario de estos repuestos, el costo de almacenamiento se eleva. El costo de inventario de repuestos se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$C_{sr} = \frac{\sum V_{co}}{H_{al}} \quad (12)$$

Donde:

C_{sr} = costo de inventario de repuestos

V_{co} = valor de compra de los repuestos almacenados de uso de la maquinaria analizada

H_{al} = horas de almacenamiento de los repuestos

El inventario de repuestos forma parte del dinero inmovilizado dentro de la empresa. Estos repuestos se clasifican según su rotación:

- Baja rotación (BR): estos repuestos se caracterizan por ser caros y de poca cantidad en el almacén de repuestos.
- Rotación normal (RN): su costo y cantidad es intermedio.
- Alta rotación (AR): se caracterizan por ser más baratos y se encuentran en grandes cantidades en el almacén, su control de calidad es mínima.

2.1.6.3.4. Costo derivado de la mano de obra de mantenimiento

Este costo se refiere a la mano de obra necesaria para realizar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo. Para ello, de acuerdo con el organigrama de la empresa en la figura 2 del capítulo 1, el mecánico de primera, segunda y auxiliar son los encargados de esta mano de obra de mantenimiento.

Estos son los encargados de gestionar y ejecutar todas las órdenes de trabajo que el jefe del área les proporciona. Sin embargo, para el cálculo de este costo derivado de mano de obra de mantenimiento debe estar comprendido por hora/hombre, según la especialidad y a la cantidad de tiempo utilizado solamente para la maquinaria que se analizó. Para ello se debe considerar el mantenimiento mayor y mantenimiento menor. Se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$C_{\text{mom}} = \frac{C_{\text{op}}}{T_{\text{req}}} \quad (13)$$

Donde:

C_{mom} = costo de mano de obra de mantenimiento

T_{req} = tiempo requerido de mantenimiento

C_{op} = costo del operador por hora

2.1.6.3.4.1. Mantenimiento mayor

El mantenimiento mayor reúne los costos relacionados a reparaciones de la maquinaria en talleres y que requieren de personal especializado. Son todos los inconvenientes críticos en los equipos. Para este tipo de mantenimiento se debe retirar la maquinaria o el equipo de los lugares de trabajo. Comúnmente, este

costo engloba la mano de obra, repuestos, renovaciones de partes de la maquinaria o el equipo como tal y los materiales que se requieren. Para su cálculo, se toma en cuenta la siguiente ecuación:

$$M_M = K_{o1} * C_D \quad (14)$$

Donde:

MM = costo por mantenimiento mayor

Ko1 = coeficiente por mantenimiento mayor

2.1.6.3.4.2. Mantenimiento menor

El mantenimiento menor es todo lo relacionado a efectuar ajustes de rutina, reparaciones y/o cambios de repuestos que se realizan sin necesidad de retirar la maquinaria. Asimismo, el cambio en los líquidos para aceite de transmisión, grasas, filtros y mandos hidráulicos. Se toman en cuenta el personal y auxiliares que realizan este mantenimiento, los repuestos y cualquier material necesario. Para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$M_m = K_{o2} * C_D \quad (15)$$

Donde:

Mm = costo por mantenimiento menor

Ko2 = coeficiente por mantenimiento menor

2.1.6.3.4.3. Factor de mantenimiento

Este factor es aquel que considera el mantenimiento mayor y menor. Sin embargo, variará según la máquina que se está analizando, se basa con la

experiencia estadística dentro de cada industria. Se estima a través del establecimiento sobre qué tan indispensable y constante es el mantenimiento de esta maquinaria en el proceso de manufactura. Este factor está comprendido en 0,50-1,00, y dependerá del tipo de máquina y las características de trabajo.

2.1.6.3.5. Costo de consumo eléctrico

Se define como el conjunto de gastos y costos necesarios para el uso de consumo de energía eléctrica por unidad de tiempo establecida. Es de suma importancia que para su cálculo se tenga contemplada la cantidad de motores que opera la maquinaria, la cantidad de potencia proporcionada por cada motor y el costo establecido en el país por cada kW-h consumido.

2.1.6.3.5.1. Tipos de conexión de motores

Para los tipos de conexiones de motores de la maquinaria se encuentran los siguientes:

- Conexión estrella

Se caracteriza por una unión en un punto con tres extremos que poseen la misma polaridad, y así se logra aparecer dos formas básicas según se unan. La conexión estrella se utiliza para un motor trifásico y permite un óptimo rendimiento en su arranque.

- Conexión triángulo

En la conexión tipo triángulo se unen los extremos por medio de polaridades opuestos hasta lograr que estos cierren el circuito, de esta manera, establecen

dos distintas configuraciones. Esta es una conexión sin neutro, y es de las más utilizadas en la empresa, debido a que aumenta la velocidad del motor y es de ayuda en la industria en general.

2.1.6.3.5.2. Cálculo del costo consumo eléctrico para equipos

Para su cálculo es necesario utilizar la siguiente ecuación:

$$C_{ce} = N_{mot} * P_{mot} * C_{kWh} \quad (16)$$

Donde:

Cce = costo de consumo eléctrico por hora

Nmot = número de motores que operan la máquina analizada

Pmot = potencia proporcionada por cada motor

CkWh = costo actual por cada kW-h consumido

2.1.6.3.6. Costos de mano de obra del operador de la maquinaria

Este costo se deriva del salario del operario que hace funcionar la maquinaria que se esté analizando en un momento determinado. Para ello, se toma en cuenta la hora efectiva de la misma y el tiempo en que el operario la inspecciona. Para este costo horario, se debe asimilar la planilla del trabajador como tal, asimilando el valor de horas ordinarias trabajadas, horas extras, IGSS, vacaciones, aguinaldo, días festivos, indemnización y bono 14. Por ello, el costo-hora para la mano de obra se determina mediante:

$$C_{mo} = \frac{Sr}{Ht} \quad (17)$$

Donde:

Cmo = costo de mano de obra directa (salario del operario)

Sr = salario real del operario de máquina analizada (prestaciones laborales)

Ht = horas efectivas de trabajo de maquinaria dentro del turno

2.1.6.3.6.1. Código de trabajo

Para el cálculo del salario real del personal que opera la maquinaria y/o el equipo dentro de la empresa vidriera, es necesario basarse en lo estipulado en el Código de Trabajo vigente en Guatemala.

2.1.6.3.6.1.1. Jornadas de trabajo ordinarias

Debido a que la planta está en funcionamiento los 365 días al año, tiene la política de garantizar que la planta está en operación 24/7, se requiere de personal que opere la maquinaria diariamente. Es por ello, que para que no exista un paro en la producción dentro de la planta, se tienen los siguientes horarios para los operarios y los puestos relacionados a los procesos de manufactura de los envases: 06:00am - 02:00pm, 02:00pm - 10:00pm y 10:00pm - 06:00am, respectivamente.

2.1.6.3.6.1.2. Jornadas de trabajo extraordinarias

Las jornadas de trabajo extraordinarias no están presentes en la mayoría del tiempo en la industria vidriera, esto debido a que le sale un mayor costo a la

empresa por cada hora extra trabajada por el operario. Sin embargo, existen ocasiones en que es indispensables la implementación de esta política.

2.1.6.3.6.1.3. Turnos rotativos de trabajo

Actualmente, se presenta trabajo por turno continuo. Debido a que la planta en la empresa está en funcionamiento todos los días contemplados en el año (sin pausa diaria, fin de semana, días festivos o no laborales), se requieren de turnos rotativos de trabajo. Los turnos rotativos de trabajo se refieren a los horarios variables que tienen los trabajadores en la empresa. Esto dependerá de las políticas en general en ella. La rotación es directamente desempeñar la misma labor de un puesto de trabajo en diferente jornada u horario con el fin de cumplir las horas de operación de maquinaria, descartando los trabajadores de las áreas administrativas o similares.

2.1.6.3.6.1.4. Sueldos y salarios

Los sueldos y salarios de los trabajadores están basados en la escala salarial estipulada por el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social vigente para cada puesto de trabajo. Sin embargo, existen variaciones de acuerdo con las distintas características laborales de cada trabajador, que sea justo y acorde a las actividades que él realiza dentro de la empresa. Para su cálculo horario, se toma en cuenta el 41,84 % de prestaciones laborales, obligaciones patronales y las horas trabajadas totales.

2.1.6.3.6.1.5. Prestaciones de ley

Las prestaciones laborales de ley vigentes en Guatemala representan el beneficio monetario que recibe el trabajador por prestar sus servicios en la empresa. Para ello, se tiene un total de 29,17 % del salario mensual de cada trabajador. Las prestaciones laborales son las siguientes:

- Indemnización

Esta prestación laboral hace referencia a la compensación en dinero que recibe el trabajador por cada año que trabaja en la empresa finalizada su relación laboral. Sin embargo, esta cantidad monetaria no puede ser recibida por el empleado si su retiro es voluntario. Para su pago, se necesita del artículo 82 del Código de Trabajo Decreto 1441, el cual dice lo siguiente:

Si el contrato de trabajo por tiempo indeterminado concluye una vez transcurrido el periodo de prueba, por razón de despido injustificado del trabajador, o por alguna de las causas previstas en el artículo 79, el patrono debe pagar a este una indemnización por tiempo servido equivalente a un mes de salíó por cada año de servicios continuos y si los servicios no alcanzan a un año, en forma proporcional al plazo trabajado. Para los efectos del cómputo de servicios continuos, se debe tomar en cuenta la fecha en que se haya iniciado la relación de trabajo, cualquiera que ésta sea.⁹

Para cálculos de indemnización, se toma referencia la relación 1/12, al ser un salario completo al año. Entonces, se utiliza el 8,33 % del salario mensual sin la bonificación de ley de Q250,00.

⁹ Código de Trabajo Decreto 1441. art. 82

- Vacaciones

Cada trabajador tiene derecho de vacaciones, las cuales se caracterizan por el tiempo de descanso temporal remunerado. La cantidad de días que puede una persona tener vacaciones dependerá del régimen en que se basa la empresa. En este caso, al ser una entidad privada, la cantidad de vacaciones permitido en la empresa es de 15 días hábiles. Sin embargo, para que el trabajador pueda tener derecho a vacaciones debe tener como mínimo 150 días laborando en la industria. Para su cálculo, se considera la relación 1/24, por tanto, se utiliza el porcentaje de 4,17 % del salario mensual de cada trabajador, sin contar la bonificación de ley.

- Aguinaldo

El aguinaldo se considera como el décimo tercer salario contemplado para cada trabajador de la industria vidriera. Es obligación del empleador otorgarle este salario al empleado; es una doceava parte (1/12) del total de salarios entregados al trabajador cada mes. Es decir, un salario completo de un mes, sin contar la bonificación de ley. El aguinaldo queda comprendido en el periodo del 01 de diciembre al 30 de noviembre de cada año, es proporcional a los días trabajados al año.

Para términos de cálculos, se considera el 8,33 % del salario mensual del trabajador.

- Bono 14

El bono 14 (bonificación anual para trabajadores del sector privado y público) es similar al aguinaldo en términos de cálculos (8,33 % del salario

mensual del trabajador, sin contar la bonificación de ley) y está comprendido en el período del 1 de julio al 30 de junio de cada año. Esta prestación laboral es proporcional a los días trabajados por el empleado. Sin embargo, se toma como base el promedio de los sueldos o salarios ordinarios que se devengan por el trabajador en el año.

2.1.6.3.6.1.6. Obligaciones patronales

Las obligaciones patronales involucran una serie de costos que deben ser realizados por parte de los patronos a través del capital y de los ingresos que trae la empresa. Entre estas obligaciones patronales para la empresa están: IGSS patronal, IRTRA e INTECAP. La cuota patronal total es del 12,67 % del total del salario real sin la bonificación de ley.

- IGSS patronal

Es importante que todo patrón que tenga empleados a tres o más trabajadores en la industria, pague y se inscriba al régimen de Seguridad Social (IGSS). Actualmente, está estipulado que al patrono debe pagar el 10,67 % del salario real por cada empleado de la entidad.

- IRTRA

La cuota patronal IRTRA (Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala) es una cuota patronal obligatoria de pagar al ser una industria privada. Tiene por objetivo brindar servicios de recreación a la comunidad afiliada a dicha cuota. Para efectos de pagos, es el 1 % del salario mensual de cada trabajador.

- INTECAP

INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad) es la cuota patronal que debe ser pagada por cada trabajador que labora en la industria. Al ser un ente regulada por el Estado, permite que exista un desarrollo en el recurso humano y la productividad nacional. Busca mejorar las técnicas de laborar por medio de capacitaciones, sin cobrar dicha capacitación brindada, ya que su financiamiento proviene del 1 % de cada sueldo del trabajador que labora en una entidad lucrativa.

2.1.6.4. Costos de materia prima

El costo de materia prima hace referencia a todos aquellos insumos necesarios para la elaboración del envase de vidrio (arena sílice, caliza, feldespatos y *cullet*). Para ello, se requiere establecer la cantidad necesaria de materia prima para manufacturar cada envase, el precio de cada materia prima por parte de los proveedores y la cantidad de envases producidos por cada hora.

2.1.6.4.1. Métodos de costo para inventario de materia prima

Es importante establecer la cantidad óptima necesaria en inventario. Por ello, se requiere de métodos para costear los inventarios de materia prima. Estos métodos buscan seleccionar, aplicar y valorar el inventario en términos económicos. Entre ellos están:

- Método PEPS
- Método UEPS
- Método promedio

Para ello se necesita hacer un registro adecuado del movimiento en inventarios del almacén. En la siguiente figura se muestra un modelo.

Figura 11. **Registro de métodos de costeo de inventarios de materia prima**

[illegible]

Fuente: Registro, valuación y control de los inventarios.

<http://www.educaconta.com/2011/01/control-de-inventarios.html>. Consulta: mayo de 2017.

2.1.6.4.1.1. Método PEPS

Este método para costeo de la materia prima (primeras en entrar, primeras en salir), pretende que los primeros elementos en entrar al almacén sean los primeros en salir de él para la producción del envase. Es así como la adquisición más reciente en la empresa será la última en ser utilizada, y serán valoradas de acuerdo con el precio de compra. Este es el método más utilizado en las industrias al ser objetivo porque maneja un saldo de inventario según el costo de adquisición (precio) del material en términos actuales. Asimismo, es de gran ayuda si la rotación es acelerada.

2.1.6.4.1.2. Método UEPS

También llamado últimas en entrar, primeras en salir, es el método basado en que las últimas materias primas en ser ingresadas al almacén serán las primeras en salir para ser procesadas para la manufactura del envase. El fin principal de este método es garantizar que en el inventario final de la materia prima queden aquellas que fueron compradas primeramente. Es importante mencionar que el método UEPS es muy útil cuando los precios de los proveedores son muy cambiantes a causa de la inflación, ya que se retienen las de menor costo.

2.1.6.4.1.3. Método promedio

Este método pretende asignar valor a la materia prima según el costo promedio del inventario en un período determinado. Es decir, utiliza la cantidad total de materia prima comprada y su valor total. Por tanto, una salida del almacén se evalúa con el costo promedio hasta que se garantice una nueva entrada a través de una compra, para así promediar nuevamente los costos unitarios dentro del almacén y valuar a un nuevo costo cada salida.

2.1.6.4.2. Pronóstico de producción

El pronóstico es esencial para la producción de envases de vidrio dentro de la industria para controlar y organizar el sistema productivo en la entrega a tiempo al cliente. Es importante mencionar que este pronóstico en la empresa vidriera se basa primordialmente en las solicitudes (pedidos) por parte de los clientes hacia el Departamento de Ventas, es decir, se hace uso del pronóstico real para establecer el mecanismo de producción a implementarse en su planeación. Para ello, se debe considerar los ritmos de producción actuales en los procesos de

cada estación en la línea de producción, para definir la fecha precisa para su entrega.

Este tipo de producción se llama intermitente, debido a que se fabrican envases con características especiales, como el diseño que requerirá de especificaciones muy precisas planteadas por el cliente. VIGUA, S.A. al ser la única industria de creación de envases de vidrio en Guatemala, tendrá sus mismos clientes, y por lo mismo, la producción se va a repetir con pocas alteraciones en el diseño con cada cliente, periódicamente.

2.1.6.4.2.1. Explosión de materiales

La explosión de materiales se utiliza con el fin de evaluar el movimiento de materia prima de compra a los proveedores. El manejo o explosión de materiales parte desde las proyecciones de ventas, para realizar un control debido a inventarios. En términos generales, es planear la cantidad de materia prima que se necesitará para producir una cantidad exacta de envases de vidrio. Para ello, se requiere de una programación para la implementación de un plan con las condiciones ideales, para establecer parámetros como: nivel máximo de materia prima, nivel de reorden, inventario de seguridad, las existencias de materiales en el almacén, y otros.

- Nivel máximo

Se define como la cantidad de materia prima máxima que puede ser almacenada. Este dato es preciso y establecido por la empresa, tomando en cuenta ciertos parámetros para evitar un exceso de material en el lugar. Su cálculo se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$N_{\max} = \frac{\text{planificación}}{\text{ciclo}} * R_{N\max} \quad (18)$$

Donde:

Nmax = nivel máximo

RNmax = tiempo que el material puede estar almacenado sin descomponerse

Sin embargo, es importante mencionar que esto dependerá del tipo de material, ya que algunos no se descomponen después de almacenados por bastante tiempo. De modo que, el nivel máximo sería innecesario conocer para este material.

- Nivel de reorden

El nivel de reorden indica a la empresa en qué momento se debe realizar un nuevo pedido antes de vaciar por completo el almacén. Es decir, la cantidad de materia prima en la que se es necesario realizar una nueva requisición. Para su cálculo, se utiliza la siguiente ecuación:

$$NR = \frac{\text{planificación}}{\text{ciclo}} * R_{NR} \quad (19)$$

Donde:

NR = nivel de reorden

RNR = promedio de las últimas entregas de materia prima

- Inventario de seguridad

El inventario de seguridad es aquella cantidad de materia prima que se mantiene en el almacén ante cualquier suceso imprevisto como retraso en la

entrega por parte de proveedores, para no llegar al punto de agotamiento. Si la empresa decidiera no contar con esta reserva de seguridad, podría ser que se tuvieran ciertos problemas para atender la demanda del cliente a tiempo. Para su cálculo, se utiliza la siguiente ecuación:

$$SS = \frac{\text{planificación}}{\text{ciclo}} * R_{ss} \quad (20)$$

Donde:

SS = inventario de seguridad

Rss = diferencia entre el pedido más tardío y el promedio de las últimas entregas de materia prima

- Cantidad óptima de pedido

Es la cantidad más propicia de materia prima que debe ser pedida a los proveedores entre cada período, esto con el fin de garantizar que no se tendrá un exceso ni escasez en el almacén. Asimismo, aquella que no le traerá costos innecesarios a la empresa. Para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{opt} = (2 * SS) + NR \quad (21)$$

Donde:

Qopt = cantidad óptimo de pedido de materia prima

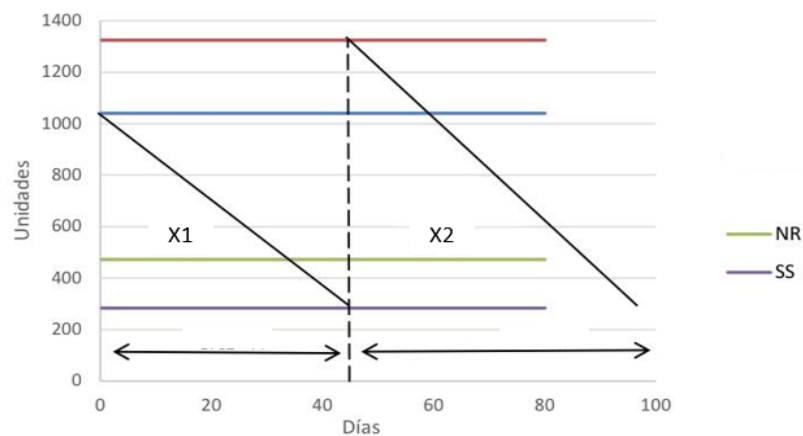
SS = inventario de seguridad

NR = nivel de reorden

- Tiempo entre pedidos

Este concepto hace referencia a cuánto tiempo debe transcurrir para realizar el siguiente pedido de materia prima a los proveedores. Esto dependerá directamente de cuánta existencia se tenga almacenada cada mes. En la siguiente gráfica, se muestra un ejemplo del comportamiento de control de inventarios de materia prima, en donde los tiempos entre pedidos son las variables $X1$ y $X2$, respectivamente.

Figura 12. **Gráfica para determinar tiempo entre pedidos**



Fuente: elaboración propia.

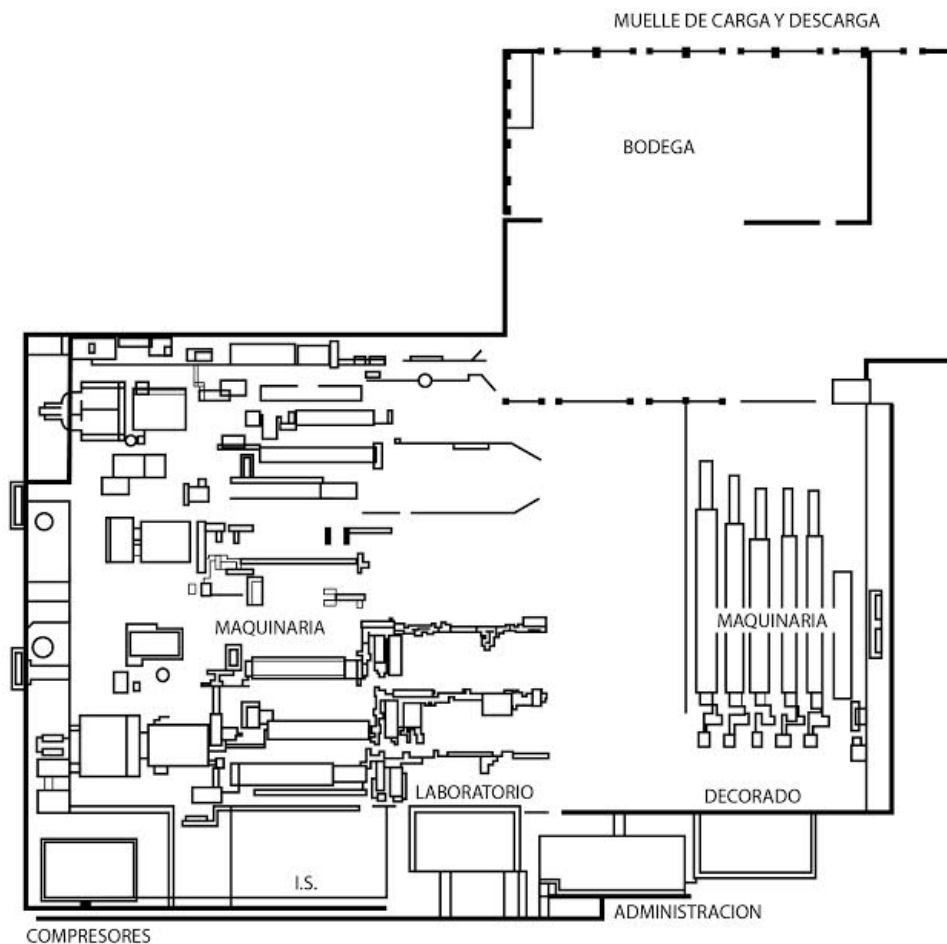
2.1.7. Factores que influyen en la instalación de maquinaria

Analizar detalladamente la planta de producción es imprescindible para garantizar que el equipo se instale correctamente. Por ello, puede decirse que el *layout* es uno de los factores que afectan en gran medida la implementación de nuevas tecnologías.

2.1.7.1. *Layout* en planta

El *layout* de la planta industrial influye directamente en la instalación de la maquinaria. Debido a que si su distribución está ordenada correctamente, disminuirá los retrasos en la movilidad de la maquinaria, optimizará los espacios entre pasillos y estaciones de trabajo que permitan una mayor facilidad en su instalación, disminución de los riesgos por accidentes, y otros. A continuación, se muestra el *layout* de la planta de la industria vidriera:

Figura 13. ***Layout* en planta**



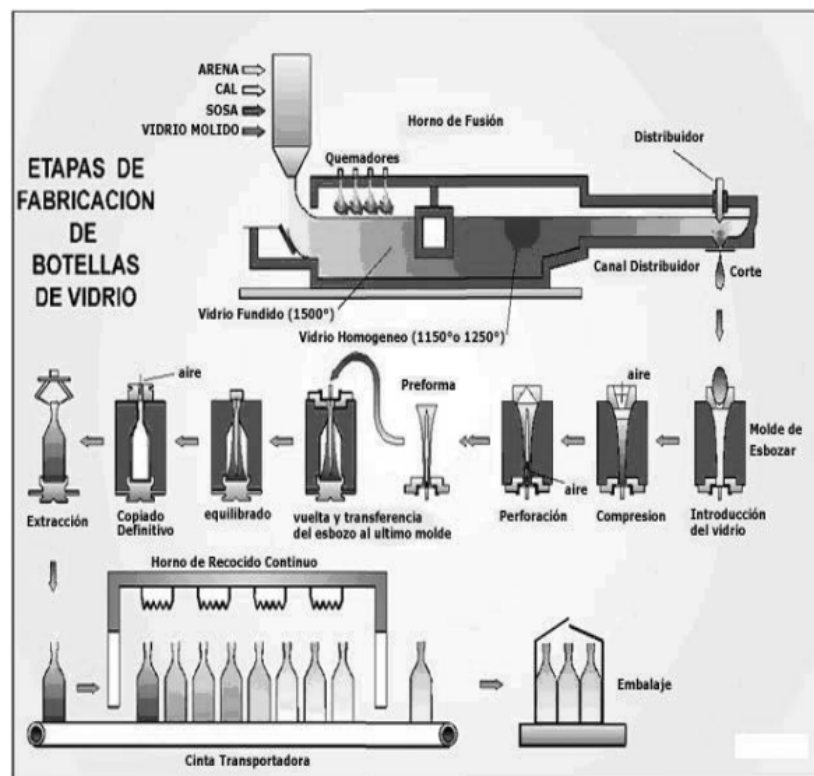
Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

3. PROPUESTA PARA LA MANUFACTURA Y COMERCIALIZACIÓN DE ENVASES DE VIDRIO

3.1. Planeación de procesos

La planeación de procesos con esta nueva maquinaria dependerá considerablemente del proceso presentado en la figura siguiente. De esta manera, se muestra en la figura 14, el área de fabricación, templadores, control de calidad y área distribución.

Figura 14. Etapas de fabricación de botellas de vidrio

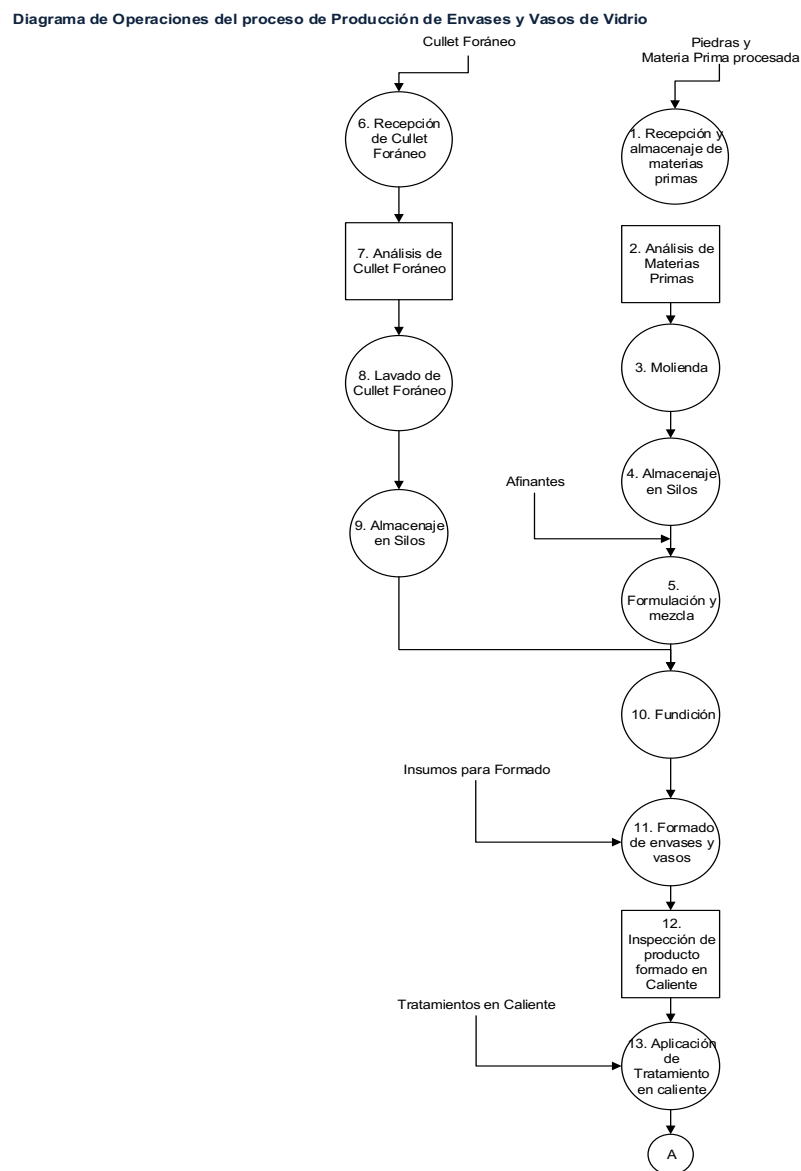


Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

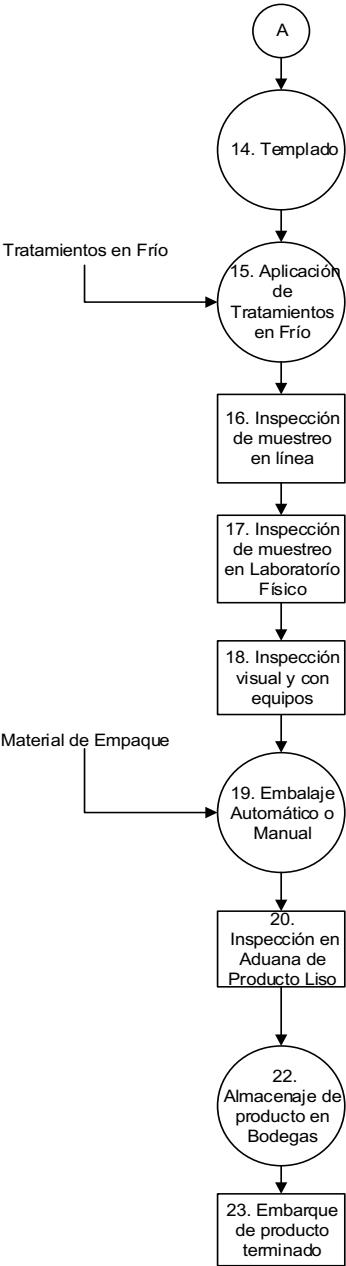
3.1.1. Diagrama de operaciones

Para analizar el proceso de manufactura de los envases de vidrio, se requiere de un diagrama de operaciones en el cual se representa un algoritmo de las operaciones e inspecciones que son utilizadas.

Figura 15. Diagrama de operaciones



Continuación de la figura 15.

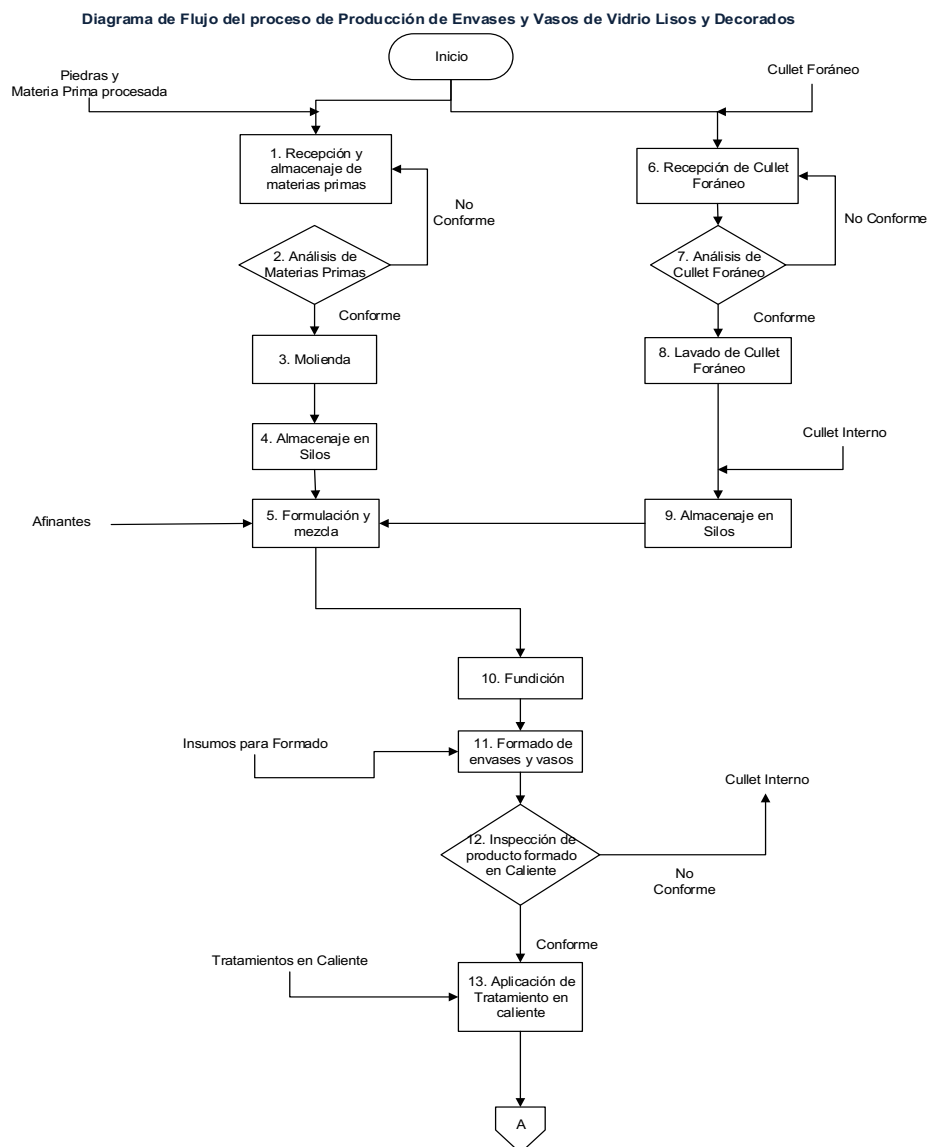


Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

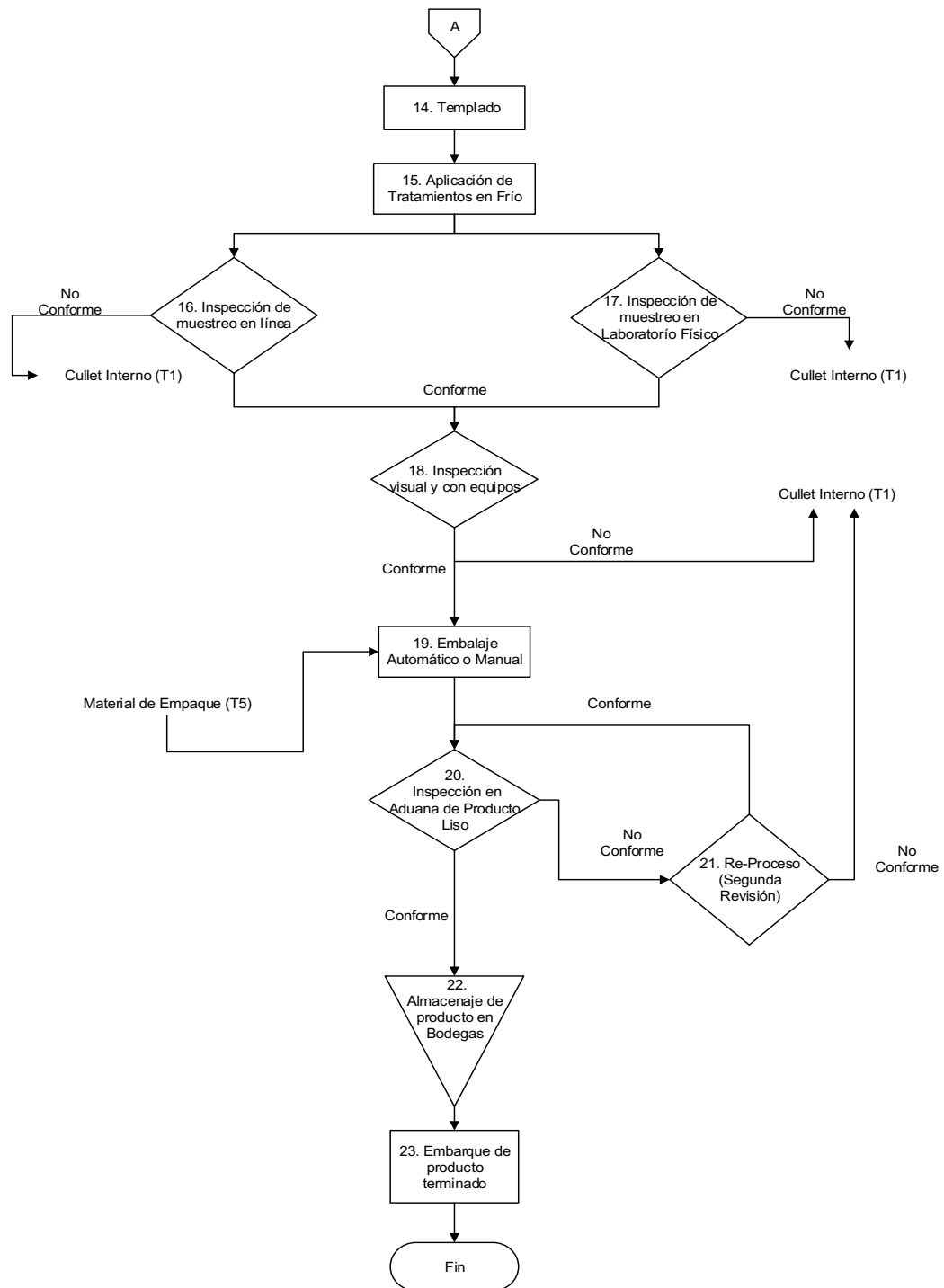
3.1.2. Diagrama de flujo

Se presenta el diagrama de flujo del proceso de producción de envases de vidrios. Este diagrama permite visualizar de manera clara y fácil este proceso complejo.

Figura 16. Diagrama de flujo



Continuación de la figura 16.



Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

3.1.3. Distribución de la planta

La planta dentro de las instalaciones de VIGUA, S.A. está proyectada y construida de manera que se pueda asegurar que sea un proceso lo más eficiente posible, y que se permita laborar de manera adecuada el mantenimiento en las maquinarias y su limpieza. Se comienza con un área respectiva para la recepción del almacenaje de la materia prima y una específica para el lavado de *cullet* (vidrio reciclado).

Seguidamente se tiene un área específica para la mezcla de materias primas con el área de fundición para el formado de los envases y vasos de vidrio con sus respectivos insumos necesarios y así llegar al área de fabricación, que es donde se encuentran un total de 5 máquinas IS (para las líneas 11, 12, 13, 41 y 45, respectivamente) para manufacturarlos. Se cuenta con un taller IS, en donde se realiza todo tipo de mantenimiento mayor y/o menor a la maquinaria.

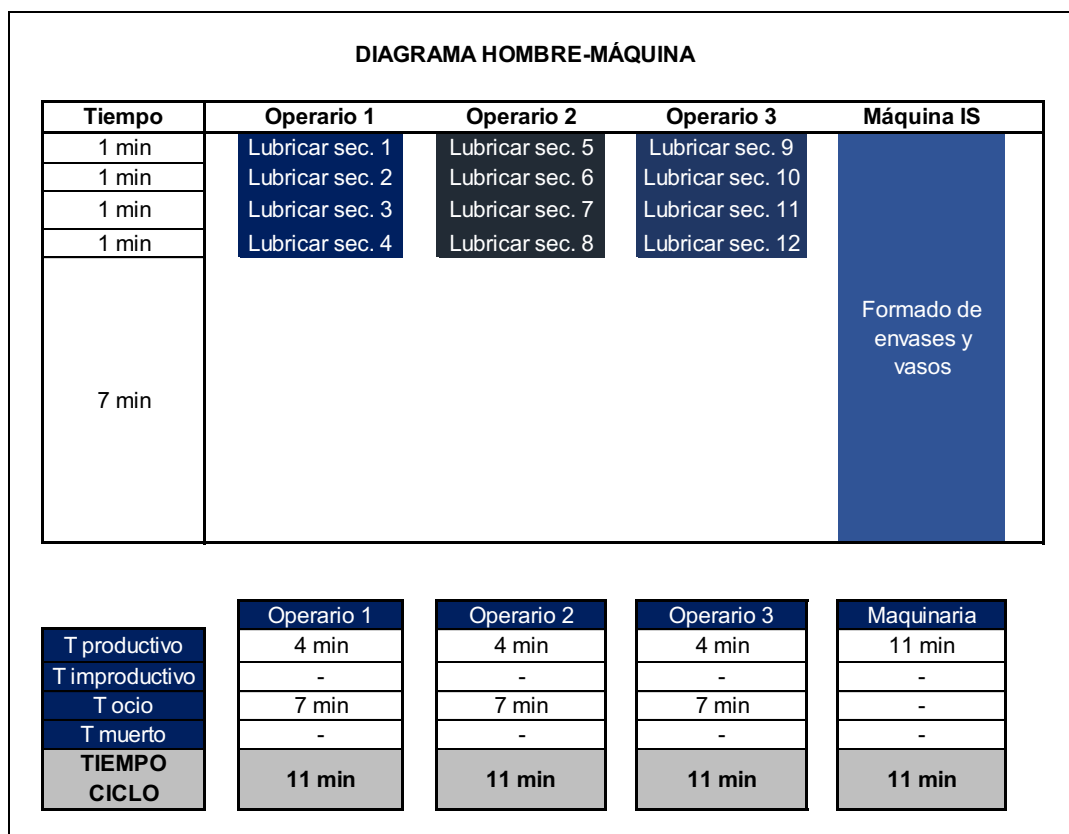
Después se tienen los templadores para realizarles su tratamiento en frío y garantizar que el producto tenga una dureza estandarizada. Una vez el producto en proceso pasa por estos templadores, se cuenta con el área de revisión y control de calidad, en donde se desecha todo producto no conforme.

Dentro de la planta existen cintas transportadoras, en las que se colocan estos productos para reprocesarlos. Cerca de esta área se tiene un laboratorio físico, en donde se analizan muestras del producto antes de ser empacado. Se tiene un área específica para el embalaje tanto manual como automático, según sea el caso, para ser llevado el producto hacia el área de producto terminado.

3.1.4. Diagrama hombre máquina

En la figura 17 se presenta el diagrama hombre-máquina:

Figura 17. Diagrama hombre-máquina



Fuente: elaboración propia.

3.2. Nueva tecnología

La nueva tecnología dentro del proceso de producción de envases de vidrio, es esencial para mejorar la seguridad y el método de manufactura. De esta manera, contribuye al desarrollo y a la mejora de la eficiencia en cuanto a tiempo y recursos. También, permite que los costos sean menores al existir una

disminución de tiempo de mantenimiento requerido para la maquinaria que se reemplaza.

3.2.1. Máquina IS por ser instalada

La máquina IS (Individual Section) que se pretende instalar en los procesos de manufactura del envase de vidrio, trae consigo 12 diferentes secciones individuales para realizar el trabajo paralelo, y a su vez realizar mayor cantidad de envases, ya sea por el proceso soplo-soplo o prensa-soplo. A continuación, se muestra la máquina por ser instalada:

Figura 18. **Máquina por ser instalada**



Fuente: Manual BDF.

3.2.1.1. Especificaciones

Se cuenta con las especificaciones de la máquina IS por ser instalada, las cuales llegan a ser requisitos indispensables para producir los envases de vidrio de acuerdo con ciertos estándares. Además, conocer estas especificaciones ayuda a definir costos que se incurren en la empresa una vez esté instalada.

3.2.1.1.1. Mecanismo de tubo giratorio

El mecanismo de tubo giratorio permite que mientras la estructura del envase entra al proceso soplo-soplo o prensa-soplo, este le proporcione aire comprimido para controlarlo y así garantizar que el envase se adapte a su forma. Entre las nuevas características que trae consigo el mecanismo de tubo giratorio son:

- Altura del carrete de ajuste es de aproximadamente 130mm.
- Este tubo giratorio puede ser controlado por medio del sistema integrado de control de la máquina IS. En este se logra definir la velocidad y su dirección.
- Aire acondicionado con refrigeración o aire comprimido.
- Limitado torque que permite que no exista un daño en la estructura.
- No requiere lubricación en el mecanismo de tubo giratorio.
- No se presentan vibraciones en el movimiento giratorio.

A continuación, se presenta una representación del tubo giratorio:

Figura 19. **Mecanismo tubo giratorio**



Fuente: Manual BDF.

3.2.1.1.2. Sistema de lubricación

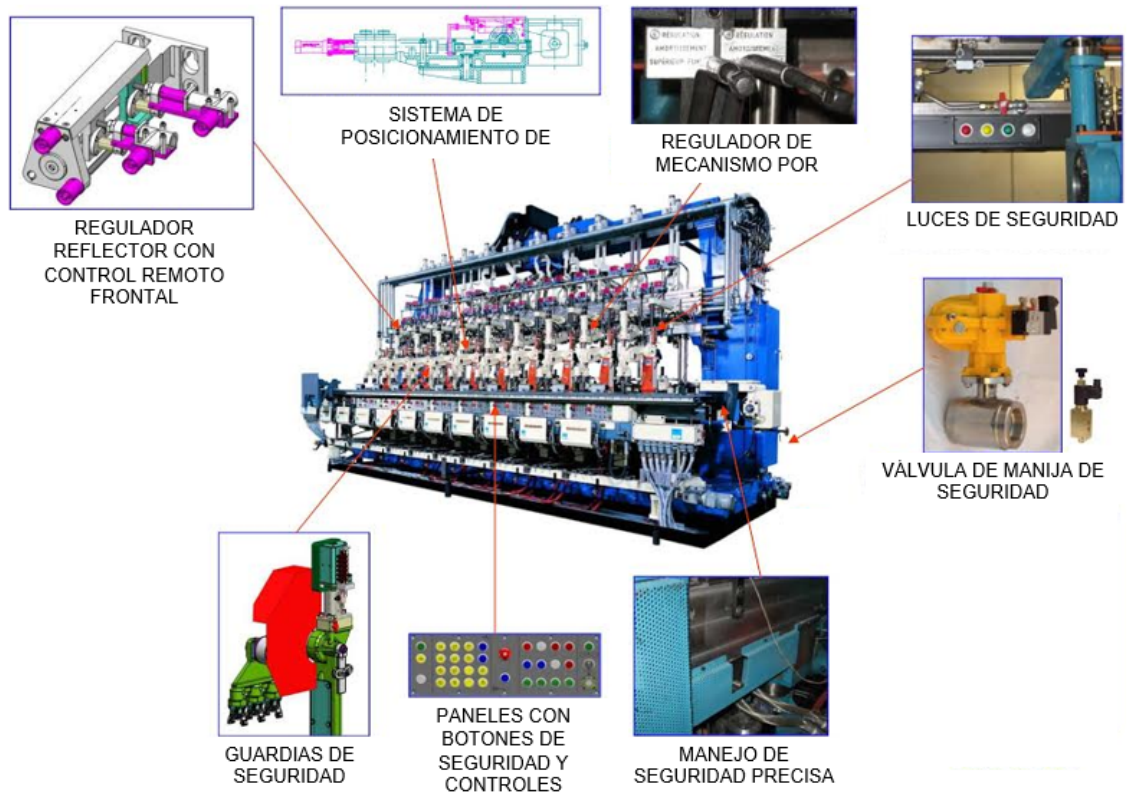
Para lubricar la máquina IS, se realiza para cada una de las partes que la constituyen. Sin embargo, en términos generales, esto se realiza cada 10 minutos en cada sección individual. Siendo, en este caso, tres operarios los que hacen la lubricación en ella. También, tiene adaptado cuatro ductos de lubricación:

- Mecanismo de émbolo de aceite de lubricación
- Aceite de lubricación de aire
- Aceite de lubricación para mecanismo
- Aceite de lubricación para transportador

3.2.1.1.3. Sistema de seguridad

La máquina IS analizada contiene ciertos parámetros de un sistema de seguridad que garantiza la prevención de accidentes mientras esta está en funcionamiento. Estas partes de seguridad se muestran en la siguiente figura:

Figura 20. **Sistema de seguridad**

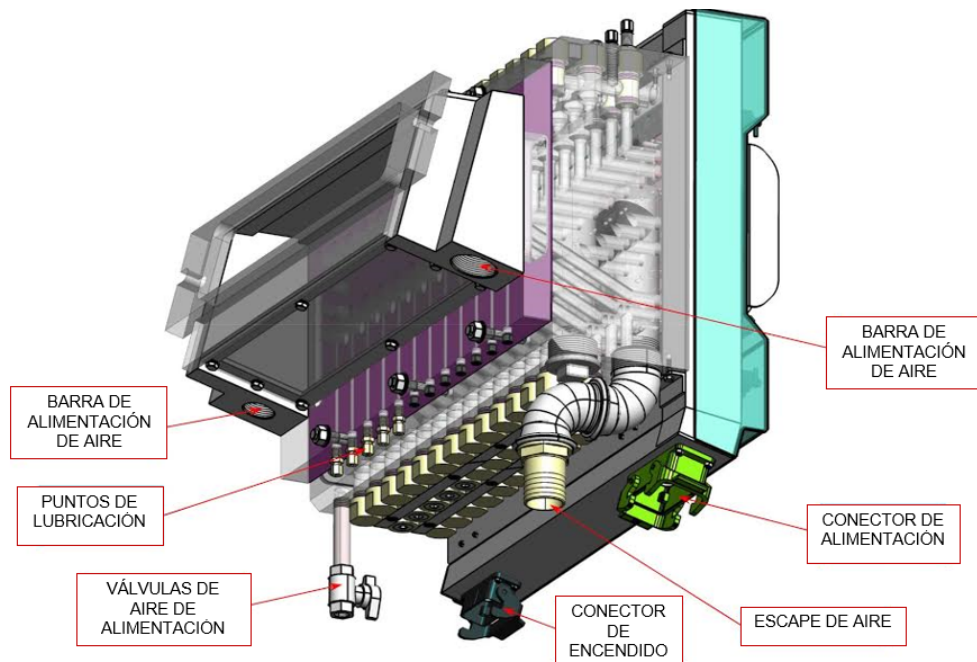


Fuente: Manual BDF.

3.2.1.1.4. Bloques de válvulas de solenoide de 26 líneas

Estos bloques tienen la peculiaridad de estar formado por 26 válvulas electro-neumáticas. Estas válvulas hacen su funcionamiento mediante aire y corriente eléctrica. Cada válvula puede operar con alta, baja o presión individual a través de un ducto de aire que permite el posicionamiento de ciertas piezas. Además, este nuevo diseño permite un cambio mucho más sencillo de válvulas de solenoide. A continuación se muestra el diseño de un bloque de válvulas de solenoide de 26 líneas de la máquina IS:

Figura 21. **Bloque de válvula solenoide de 26 líneas**



Fuente: Manual BDF.

3.2.1.1.5. Control electrónico integrado

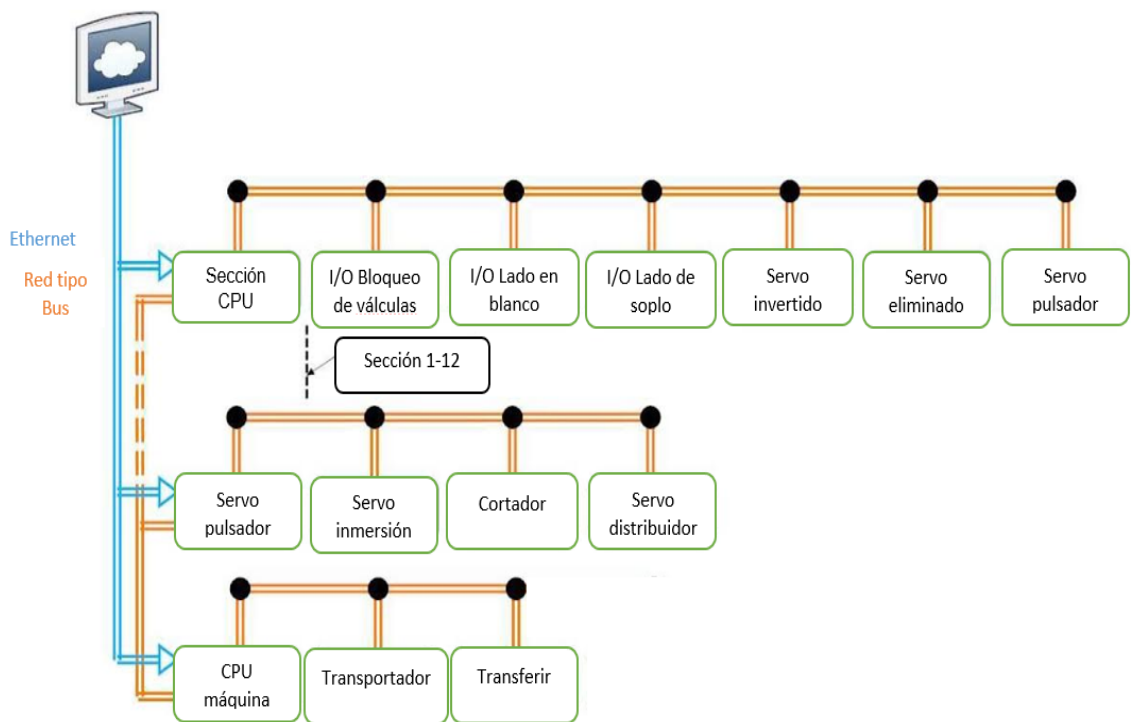
El control electrónico integrado que trae este modelo de máquina IS tiene ciertas ventajas considerables para la producción de los envases de vidrio. Entre las ventajas están:

- Aumento en la resolución del temporizador.
- Mejoramiento en el sistema de mantenimiento con la posibilidad de un diagnóstico remoto mucho más efectivo.
- Mejor programación en la máquina de acuerdo con normas industriales.
- Mayor flexibilidad en la máquina en general.
- Mecanismos automatizados.
- Sistema electrónico mejor estructurado.

- El sistema utiliza la comunicación Ethernet, que utiliza un acceso remoto por medio de internet, de acuerdo con las especificaciones de producción.

El sistema electrónico se encuentra estructurado de la siguiente manera:

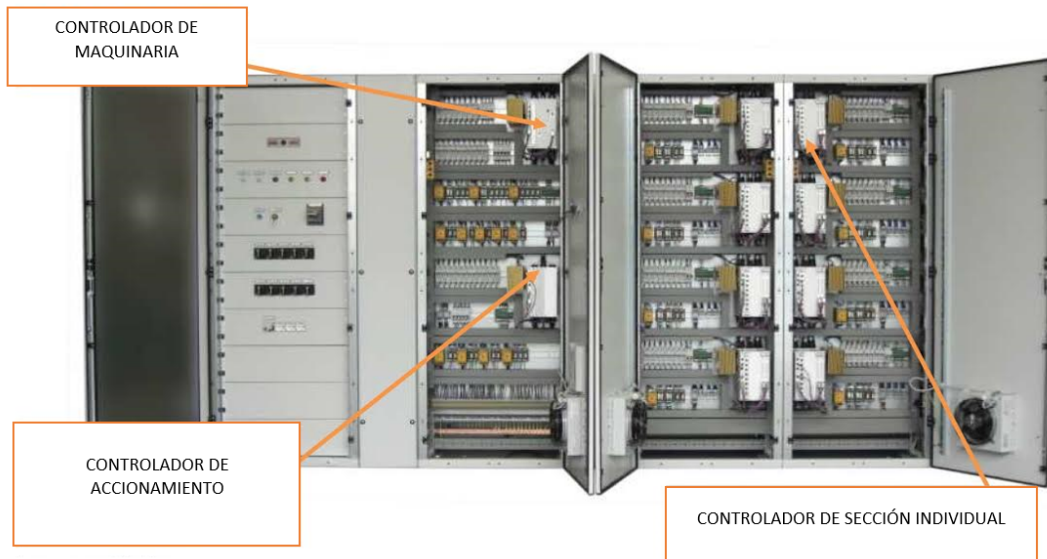
Figura 22. **Estructura del sistema electrónico**



Fuente: Manual BDF.

Asimismo, la cabina del controlador del sistema en vista frontal se muestra a continuación:

Figura 23. **Cabina de control**



Fuente: Manual BDF.

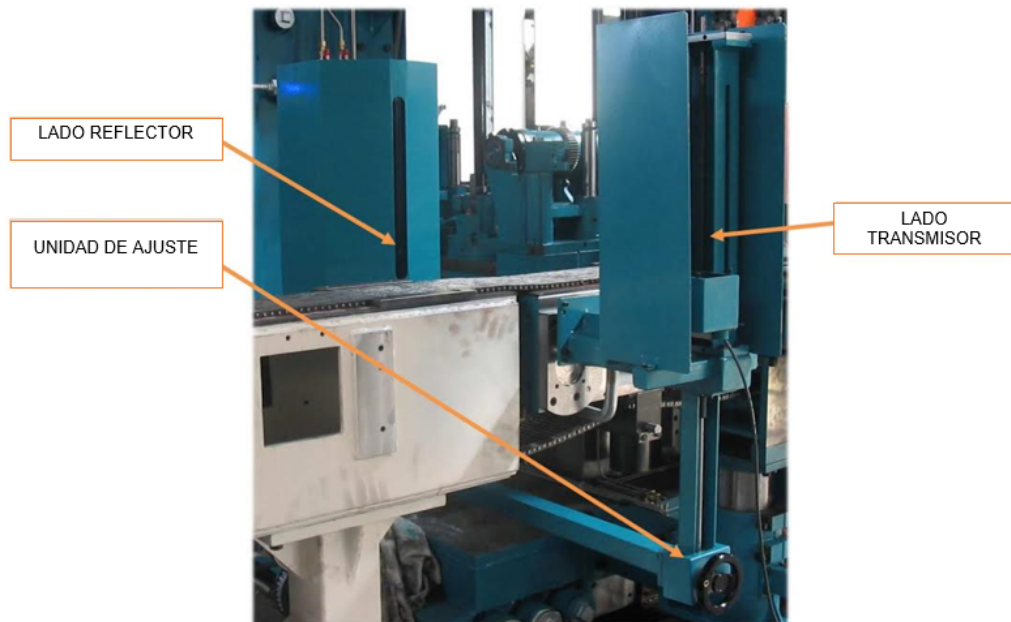
3.2.1.1.6. Sistema de detector de vías de transporte

El detector de vías de transporte trae consigo ciertas ventajas en cuanto a modelos anteriores. Entre ellas se encuentran:

- Mecanismo de sensor de láser, el cual permite un rápido y fácil mantenimiento.
- Fácil manejo electrónico para el acceso del operario.
- Logra establecer la eficiencia suministrada y así realizar un diagnóstico.
- Incremento de la eficiencia en la línea y de la seguridad debido a la reducción del riesgo de desembarque del contenedor en la línea de transporte.

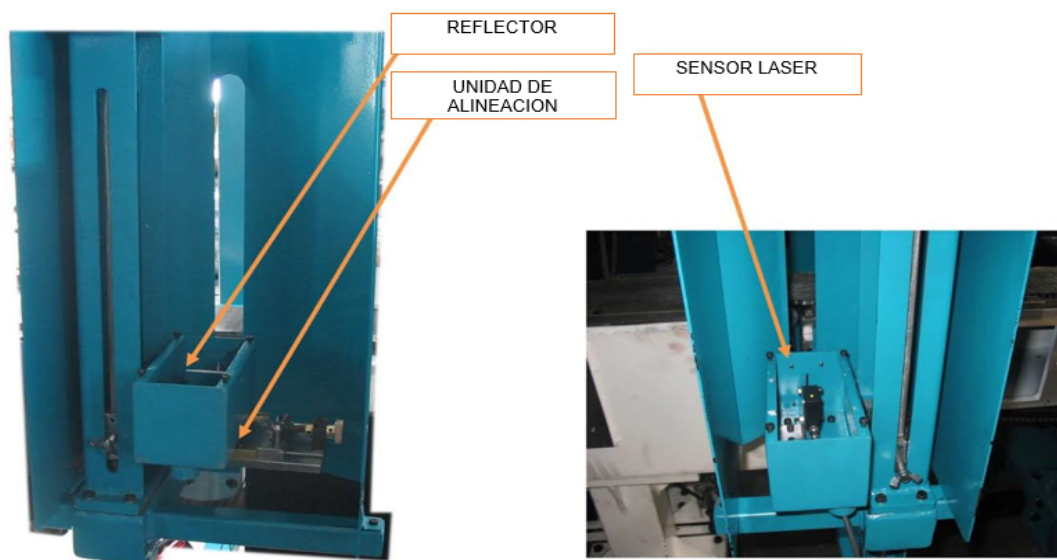
Se muestra la representación del sistema de detector de vías de transporte:

Figura 24. **Sistema de detector de vías de transporte 1**



Fuente: Manual BDF.

Figura 25. **Sistema de detector de vías de transporte 2**



Fuente: Manual BDF.

3.2.1.1.7. Ventajas de la nueva tecnología

Existen ciertas ventajas considerables en la instalación de la nueva tecnología con respecto a la maquinaria de tipo IS (Individual Section):

Tabla I. **Ventajas de nueva tecnología**

Posibilidad de producir “Justo a tiempo”
La capacidad y horario de producción es mucho más flexible
Reducción en el tiempo de producción
Reducción de costos
Posibilidad de reducir el mantenimiento de molduras
Mejoramiento en la calidad del envase
Capacidad de reducir el peso del envase
Disminución en productos no conformes

Fuente: Manual BDF.

3.2.1.1.8. Capacidad de producción

La capacidad de producción de la máquina IS dependerá del tamaño de la moldura y del espesor del vidrio deseado. Sin embargo, en términos generales, la empresa produce envases de acuerdo con los siguientes lineamientos:

Tabla II. **Capacidad de producción**

Tipo de envase	Capacidad
Envase de 250ml	150 envases/h
Envase de 500ml	60 envases/h

Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

3.3. Costos de inversión

Para determinar el costo de inversión de esta máquina IS, se considera únicamente su valor de adquisición y la valoración económica de dicha inversión.

3.3.1. Determinación del valor de adquisición

Para la compra de la maquinaria, se cotizaron varias empresas que se dedican a la venta de máquinas IS (Individual Section). Sin embargo, se analizaron todas las especificaciones, calidad, vida económica útil, de cada uno de los proveedores. Por ello se establece un valor de adquisición monetaria. En dicho valor de adquisición, ya se han visto costos por fletes, cantidad arancelaria y logística. Para facilidad del cálculo de costo horario de la máquina, se trabajará en quetzales, entonces, el valor de adquisición por tomar en cuenta es es:

$$V_m = Q\ 6\ 607\ 620,00$$

3.3.2. Valoración económica de la inversión

Una vez establecido su valor de adquisición, se procede a calcular el costo horario de esta inversión. Para ello, se hace uso de una tasa de interés efectiva, un valor de rescate y la vida económica del activo. Seguidamente, se calcula el costo-hora del seguro a través de los datos anteriormente mencionados y una prima de seguros establecida por una aseguradora empresarial.

3.3.2.1. Determinación tasa de interés efectiva

La tasa de interés efectiva para la maquinaria comprada, ya vino estipulada por el préstamo bancario hecho. De esta manera, se tiene que esta tasa de

interés efectiva es del 8,19 % capitalizable anualmente. Es importante mencionar que en este porcentaje de interés del bien, abordan los gastos y comisiones bancarias y el plazo de operación. En términos generales, toma en cuenta la compensación completa que recibe la entidad bancaria por el préstamo del dinero.

3.3.2.2. Cálculo de valor de rescate

La maquinaria conforme transcurre el tiempo va perdiendo valor por términos de uso y obsolescencia, por lo que muchas empresas deciden establecer un valor de rescate (una cantidad monetaria del bien que no será depreciable para luego de finalizada su vida útil poder ser comercializada).

Sin embargo, debido a que Vidriera Guatemalteca, S.A. es una empresa consolidada y es la única especializada en la manufactura de envases de vidrio en el país, esta no pretende vender su maquinaria de tipo IS luego de finalizada su vida útil. Es así como el valor de rescate para este activo es cero, ya que no tiene un importe monetario en el mercado para venderse y recibir alguna ganancia a cambio. La empresa busca sacarle el mayor provecho a su maquinaria antes de desecharla por completo sin incurrir en algún costo por el insuficiente desempeño. Dentro de la empresa se tiene estipulado que la vida útil de las máquinas IS para permanecer en el proceso de producción antes de ser desechada es de aproximadamente 10 años.

3.3.2.3. Vida económica

Se debe establecer la vida económica útil de la maquinaria de tipo IS para garantizar que después de este lapso, esta no le traerá pérdidas a la empresa en términos financieros.

Por tanto, el costo por inversión sin el seguro es de:

$$C_{in} = \frac{(Q\ 6\ 607\ 620,00 + Q\ 0,00) * (8,19\ \%)}{2(8\ 760\ h)}$$

$$C_{in} = Q\ 30,89/h$$

3.3.2.4. Propuesta de seguros

La empresa debe contratar un seguro para la maquinaria, debido a que esta es una inversión mayor, y deberá ser protegida ante cualquier riesgo expuesto durante su operación, así como en su montaje. Comúnmente, las industrias aplican los seguros empresariales, en el que la aseguradora visita las instalaciones para recabar todos los datos que se tomarán en cuenta en el seguro. Asimismo, la empresa debe tener en claro la forma de beneficiarse a través de las garantías y las coberturas de tener asegurada su maquinaria. Entre estas coberturas se tienen todos los daños internos que se contemplen en la maquinaria en operación y que sean causados por un accidente o incendios.

3.3.2.4.1. Primas de seguros

La prima de seguro será el porcentaje de dinero que deberá pagar la empresa para asegurar su maquinaria. En el caso de la propuesta del seguro empresarial, se toma como prima de seguro el 5 %. Esta prima de seguro es de tipo periódica, debido a que se pagará a plazos (anualmente).

- Costo por seguro

Entonces, para calcular el costo horario por el seguro, se utiliza la ecuación 4, y debido a que la maquinaria en la planta de producción nunca deja de funcionar, para su tiempo efectivo se toman los 365 días del año:

$$C_s = \frac{(Q\ 6\ 607\ 620,00 + Q\ 0,00) * (5\ \%)}{2(8\ 760\ h)}$$

$$C_s = Q\ 18,86/h$$

3.3.2.5. Estimación del flujo de efectivo de la inversión

A continuación, se muestra el flujo de efectivo de la inversión, estimada para 10 años. Tomando en cuenta que, para efectos de cálculos, se tomó en cuenta la inflación y aumentos de salarios de 1 % año con año. Las cantidades están dadas en quetzales (Q) y que las ventas proyectadas fueron tomadas en proporción a lo será producido únicamente en la nueva máquina por ser instalada. Además, se sabe que para efectos de pago total de la maquinaria se hará en 5 distintas cuotas (anualidades) a 8,15 % de interés anual.

Tabla III. Flujo de efectivo

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Saldo inicial		6 058 068,15	5 581 747,92	5 182 559,35	4 864 599,82
INGRESOS					
Ventas	28 515 204,48	29 940 964,70	31 438 012,94	33 009 913,59	34 660 409,27
Maquinaria	6 607 620,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma de ingreso	35 122 824,48	29 940 964,70	31 438 012,94	33 009 913,59	34 660 409,27
EGRESOS					
Anualidad	1 537 310,99	1 537 310,99	1 537 310,99	1 537 310,99	1 537 310,99
Seguros	165 190,50	166 842,41	168 510,83	170 195,94	171 897,90
Operación	19 521 917,54	20 498 013,41	21 522 914,08	22 599 059,79	23 729 012,78
Salarios	430 901,28	435 210,29	439 562,40	443 958,02	448 397,60
Materia prima	7 409 436,02	7 779 907,82	8 168 903,21	8 577 348,38	9 006 215,79
Suma de egreso	29 064 756,33	30 417 284,93	31 837 201,52	33 327 873,11	34 892 835,06
SALDO	6 058 068,15	5 581 747,92	5 182 559,35	4 864 599,82	4 632 174,02
	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Saldo inicial	4 632 174,02	6 027 115,30	7 516 863,58	9 106 409,81	10 800 997,00
INGRESOS					
Ventas	36 393 429,73	38 213 101,22	40 123 756,28	42 129 944,09	44 236 441,29
Maquinaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma de ingreso	36 393 429,73	38 213 101,22	40 123 756,28	42 129 944,09	44 236 441,29
EGRESOS					
Anualidad	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Seguros	173 616,88	175 353,04	177 106,57	178 877,64	180 666,42
Operación	24 915 463,42	26 161 236,59	27 469 298,42	28 842 763,34	30 284 901,50
Salarios	452 881,58	457 410,39	461 984,50	466 604,34	471 270,38
Materia prima	9 456 526,58	9 929 352,91	10 425 820,56	10 947 111,59	11 494 467,17
Suma de egreso	34 998 488,45	36 723 352,94	38 534 210,04	40 435 356,90	42 431 305,47
SALDO	6 027 115,30	7 516 863,58	9 106 409,81	10 800 997,00	12 606 132,82

Fuente: elaboración propia.

En el anterior flujo de efectivo se logra observar que luego del año 5 se logra recuperar lo invertido, por lo que a partir del año 6 la empresa tendrá ganancias considerables referentes a la línea 41 que es donde se instalará dicha máquina.

Una vez establecido el flujo de efectivo, es necesario establecer si la inversión será rentable para la empresa. De modo que, a partir de la tabla anterior, se podrá definir el valor presente neto (VPN) del proyecto a partir de los flujos ya presentados.

Además, se tiene que definir el valor de la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR), la cual indicará la tasa mínima de ganancia que se espera tener a partir de la inversión realizada. A su vez, considera factores como la inflación, tasa pasiva (porcentaje de interés que la entidad financiera paga por el préstamo realizado) y la tasa que el empresario espera ganar. Por tanto:

Tabla IV. **Cálculo tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)**

INFLACIÓN	5 %
TASA PASIVA	2 %
TASA DEL EMPRESARIO	18 %
TMAR	25 %

Fuente: elaboración propia.

Entonces, el valor presente neto de la inversión es de:

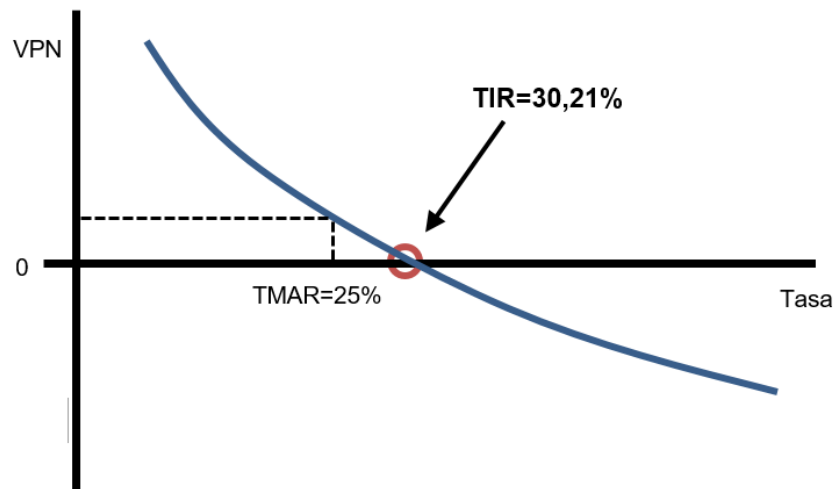
$$VPN=Q22\,070\,087,61$$

De igual manera, al hacer el cálculo de la TIR (tasa interna de retorno), un indicador financiero que hace referencia a la tasa máxima mediante la cual un inversionista puede recibir ganancias por la inversión del proyecto y donde su VPN es 0. Con interpolación a partir de la tasa mínima atractiva de retorno ya calculada y un valor arbitrario que indique un VPN negativo, se tiene que el valor de la TIR es:

$$\text{TIR}=30,21\%$$

A continuación, se puede analizar gráficamente los resultados anteriormente calculados. Al ser $\text{VPN} > 0$ y $\text{TIR} > \text{TMAR}$ el proyecto será rentable y, por lo tanto, aceptado para la empresa.

Figura 26. **Representación TIR**



Fuente: elaboración propia.

3.4. Costos por posesión de maquinaria

Se establece el costo horario por posesión de la maquinaria de tipo IS, el cual se determina por medio de la depreciación del activo, como se muestra a continuación.

3.4.1. Determinación del costo de depreciación

Para estimar el costo por depreciación, es indispensable tener en claro que este es el valor monetario que va perdiendo el bien (máquina IS) a través del tiempo. Es así como para su cálculo, se hace uso de la ecuación 5:

$$C_{D1} = \frac{Q\ 6\ 607\ 620,00 - Q\ 0,00}{87\ 600\ h}$$

$$C_p = C_{D1} = Q\ 75,43/h$$

Puede decirse que el costo por posesión y/o depreciación es de Q75,43/h.

3.5. Costos de operación de maquinaria

Se tiene que para calcular el costo por hora de la operación de esta máquina deben tomarse en cuenta costos como lubricante, combustibles, grasas, mantenimiento, reparaciones, consumo eléctrico y mano de obra directa.

3.5.1. Proyección de costos de lubricantes, combustibles y grasas

Actualmente, la maquinaria que se está analizando, no requiere de ningún tipo de combustible ni grasas para su funcionamiento. En la empresa vidriera, se

consumen al día aproximadamente 5 galones (18,93L/h) y que el precio del lubricante es de Q31,01/L, por lo que para el cálculo del costo horario se tiene:

$$C_{lub}=(18,93 \text{ L/h})*(Q \text{ 31,02/L})$$

$$C_{lub}=Q \text{ 587,21/h}$$

3.5.2. Costos de mantenimiento y reparaciones

Para el mantenimiento del activo, la empresa cuenta con ciertos lineamientos ya establecidos. Por ello, es necesario considerar los costos del plan de mantenimiento preventivo y la mano de obra involucrada en dicho plan.

3.5.2.1. Proyección de costos del plan de mantenimiento preventivo

Para los costos del plan de mantenimiento preventivo se debe considerar ciertos incisos como son los paros programados, piezas de desgaste rápido e inventario de repuestos en general. Esto debido a que, a partir de ello, se logra definir qué tan rentable es tener implementado este plan de mantenimiento preventivo.

3.5.2.1.1. Cálculo del costo por paros programados

Para definir el costo por paros programados, es importante definir la cantidad de operarios que están involucrados en la realización del mantenimiento respectivo y el tiempo aproximado del mantenimiento. Por tanto, al estimar el cálculo de este costo, se utilizará como salario de operario de Q2 992,37. De tal manera, se tiene que el tiempo aproximado requerido para la realización del

mantenimiento en la maquinaria es de 4h con una cantidad de 3 operarios. Es así como:

$$C_{\text{mom}} = \frac{Q \ 2 \ 992,37 * 3 \text{ operarios}}{4h}$$

$$C_{\text{mom}} = Q2 \ 244,28/h$$

Se tiene, entonces, que el costo por paros programados para la nueva máquina IS es de Q2 244,28/h.

3.5.2.1.2. Determinación de piezas de desgaste rápido

Para determinar el costo de las piezas de desgaste rápido por hora, se tienen ciertos parámetros que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla V. **Piezas de desgaste rápido**

Pieza	Cantidad por cambiar	Frecuencia en que se realiza el cambio por desgaste	Costo (Q)
Bisagras	10	Cada semana	440,40
Brazo de embudo	10	Cada 2 semanas	73,40
Brazo cabeza de soplo	10	Cada 2 meses	293,60
Brazo de sacadora	10	Cada 2 meses	660,60

Continuación de la tabla V.

Brazo de obturador	10	Cada mes	550,50
Equipo de manejo	10	Cada semana	183,50
Canales rectas y curvas	10	Cada semana	146,80
TOTAL			2 348,80

Fuente: elaboración propia.

Al tomar en cuenta el total que la empresa invierte en cuanto a piezas de desgaste, se debe hacer la conversión de cada costo por hora, por tanto:

$$\text{Bisagras: } \frac{Q440,40}{\text{semana}} * \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = Q2,62/h$$

$$\text{Brazo de embudo: } \frac{Q73,40}{2 \text{ semanas}} * \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = Q0,22/h$$

$$\text{Brazo cabeza de soplo: } \frac{Q293,60}{2 \text{ meses}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = Q0,20/h$$

$$\text{Brazo de sacadora: } \frac{Q660,60}{2 \text{ meses}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = Q0,46/h$$

$$\text{Brazo de obturador: } \frac{Q550,50}{1 \text{ mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = Q0,76/h$$

$$\text{Equipo de manejo: } \frac{Q183,50}{1 \text{ semana}} * \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = Q1,09/h$$

$$\text{Canales rectas y curvas: } \frac{Q146,80}{1 \text{ semana}} * \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = Q0,88/h$$

$$\text{TOTAL} = Q2,62/h + Q0,22/h + Q0,20/h + Q0,46/h + Q0,76/h + Q1,09/h + Q0,88/h$$

$$\text{TOTAL} = Q6,23/h$$

De esta manera, el costo horario de la maquinaria por piezas de desgaste rápido es de Q6,23/h.

3.5.2.1.3. Costo de inventario de repuestos

Se tiene que la cantidad de inventario de repuestos almacenados para el mantenimiento específico de la máquina IS es de Q1 470 000,00. A su vez, se tiene que el tiempo aproximado de almacenamiento de estos repuestos de cambio no periódico, es de 6 meses. Entonces, el costo horario por inventario de repuestos es de:

$$C_{sr} = \frac{Q1\ 470\ 000,00}{6 \text{ meses}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}}$$

$$C_{sr} = Q340,28/h$$

De modo que el costo-hora por inventario de repuestos es de: Q340,28/h.

3.5.2.2. Costo derivado de la mano de obra de mantenimiento

Para estimar el costo referente a la mano de obra de mantenimiento, se considera tanto el mantenimiento mayor y menor donde se ve involucrado el personal.

3.5.2.2.1. Proyección de costos por mantenimiento mayor

Para la proyección del costo por mantenimiento mayor, es decir, por parada de planta o de la estación de trabajo, se necesita del costo por depreciación que trae consigo este modelo de máquina IS. Por tanto, si se contempla que el coeficiente de mantenimiento mayor es de 0,8 y que el costo de depreciación por hora es de Q 120,69/h, utilizando la ecuación 14 entonces se tiene que:

$$M_M = 0,8 * Q \ 75,43/h$$

$$M_M = Q60,34/h$$

De esta manera, el costo por mantenimiento mayor es de Q60,34/h.

3.5.2.2.2. Proyección de costos por mantenimiento menor

El mantenimiento menor para la maquinaria de tipo IS, al referirse al cambio de repuestos en ella, hace necesario de un paro de maquinaria en la estación como tal. Es así como el factor de mantenimiento menor llega a ser puramente el 0,8 y el costo por depreciación sigue siendo el mismo. Entonces, el costo por mantenimiento menor es de:

$$M_m = 0,8 * Q \ 75,43/h$$

$$M_m = Q60,34/h$$

El costo por mantenimiento menor es de Q60,34/h.

3.5.2.2.3. Factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento utilizado para los cálculos anteriores es de 0,8, esto debido a que este valor representa qué tan constante se debe realizar tanto el mantenimiento mayor como menor. De tal manera, Vidriera Guatemalteca, S.A lo realiza de manera constante, el cual está dado por el 80 % debido a que esta máquina IS requiere de este porcentaje del mantenimiento total de las maquinarias. Cabe destacar que en este caso para ambos mantenimientos se hizo uso del mismo valor.

3.5.3. Costo de consumo eléctrico

Es necesario calcular el costo del consumo de electricidad cuando la máquina está en operación. Para ello, se establece la cantidad de motores que tiene para su funcionamiento, el costo kWh y la potencia necesaria para el motor.

3.5.3.1. Estimación del costo consumo eléctrico de la maquinaria

Se tiene que el cargo por energía por cada kWh es de Q1,14, y que se la máquina IS cuenta con dos motores de 1 400HP y 175HP, respectivamente; y que este se encuentra funcionando las 24h al día. Entonces, utilizando la ecuación 16, se tiene:

$$C_{ce} = (2 \text{ motores}) \left(\frac{0,75 \text{ kW}}{1 \text{ HP}} \right) * (Q1,14 / \text{kWh}) \left[\frac{1 \text{ 400HP} + 175 \text{ HP}}{2 \text{ motores}} \right]$$

$$C_{ce} = Q1 \text{ 346,63/h}$$

Es así como se tiene que el costo por consumo eléctrico por cada hora en funcionamiento de la maquinaria es de Q1 346.63/h.

3.5.4. Costo de mano de obra directa

Para el costeo de mano de obra directa, el salario es de Q2 992,37. De tal manera se tiene horariamente Q11,27 para cada empleado al laborar 8h cada turno. En esta estación de trabajo, se tienen 3 turnos cada día y se cuenta con 3 operarios por turno. Además, se sabe que el porcentaje de prestaciones laborales y cuotas patronales es del 41,84 %. De esta manera, se tiene que el costo de mano de obra directa es de:

$$C_{mo}=(3)[(3)(Q11,27/h)]*(1,4184)$$

$$C_{mo}=Q143,87/h$$

Por lo tanto, el costo por mano de obra directa por hora es de Q 143,87/h.

3.6. Costos de materia prima

Se deberá primeramente establecer el pronóstico de producción de la máquina analizada para definir la materia prima necesaria para cumplir con lo demandado. Así a partir de la capacidad que la máquina administra, establecer cuánto es su costo por materia prima.

3.6.1. Pronóstico de producción

Vidriera Guatemalteca, S.A. tiene un mercado objetivo ya definido, ya que a su vez esta demanda llega a ser constante en función al tiempo. Sin embargo,

la producción de los envases dependerá directamente con el pedido realizado por cada una de las empresas clientes. Para efectos de cálculos, se tomarán las siguientes cantidades establecidas en los contratos cerrados y solicitados por los clientes en los colores ámbar y cristalino de los últimos tres meses, y a su vez, a ser producidos únicamente por la nueva máquina IS:

Tabla VI. **Pronóstico de producción**

		COLOR	CANTIDAD 250ml (UNIDADES)	CANTIDAD 500ml (UNIDADES)
MES 1	Cliente 1	Ámbar	175 000	200 000
	Cliente 2	Cristalino	450 000	500 000
	Cliente 3	Ámbar	325 000	250 000
MES 2	Cliente 1	Ámbar	300 000	450 000
	Cliente 2	Cristalino	430 000	600 000
	Cliente 3	Ámbar	235 000	300 000
MES ACTUAL	Cliente 1	Ámbar	275 000	350 000
	Cliente 2	Cristalino	350 000	460 000
	Cliente 3	Ámbar	500 000	225 000
TOTAL			3 040 000	3 285 000

Fuente: elaboración propia.

3.6.1.1. Explosión de materiales

Si se tiene la siguiente información de cada uno de los materiales necesarios para la manufactura de los envases en este periodo analizado y requerido por el cliente:

Tabla VII. **Explosión de materiales**

MATERIA PRIMA	PROVEEDOR	MEDIA DE ENTREGA (DÍAS)	DEMORADO HISTÓRICAMENTE (DÍAS)
Arena sílice	A	8	9
Caliza	B	5	10
Feldespatos	C	6	7
Hematita	D	5	8
<i>Cullet</i>	E	3	10

Fuente: elaboración propia.

Asumiendo que cada tarima tiene 5 010 unidades para los envases de 250ml y 3 340 unidades para los envases de 500ml y que el peso neto de cada tipo de envase son los siguientes:

Tabla VIII. **Peso neto**

TAMAÑO DEL ENVASE	PESO NETO/UNIDAD	PESO NETO/TARIMA
Cristalino de 250ml	0,2250kg/envase	1 127,25kg/tarima
Ámbar de 250ml	0,2273kg/envase	1 138,77kg/tarima
Cristalino de 500ml	0,4500kg/envase	1 503,00kg/tarima
Ámbar de 500ml	0,4545kg/envase	1 518,03kg/tarima

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, se tiene la cantidad de material necesario para cada tarima, dependiendo del tamaño del envase requerido por el cliente es:

Tabla IX. Cantidad requerida por tarima

MATERIA PRIMA	Kg/tarima (Envases de 250ml cristalino)	Kg/tarima (Envases de 250ml ámbar)	Kg/tarima (Envases de 500ml cristalino)	Kg/tarima (Envases de 500ml ámbar)
Arena sílice (60 %)	676,35	683,26	901,80	910,82
Caliza (5 %)	56,36	56,94	75,15	75,90
Feldespatos (2 %)	22,55	22,78	30,06	30,36
Hematita (1 %, aplica sólo para ámbar)		11,39		15,18
<i>Cullet</i> (33 % para cristalino y 32 % para ámbar)	371,99	364,41	495,99	485,77

Fuente: elaboración propia.

En dicho periodo se producirán envases de color ámbar de 500ml para los clientes 1 y 3 y de 250ml para el cliente 2 que requirió envases de color cristalino:

Tabla X. **Requerimiento de materia prima**

COLOR	TAMAÑO	No. DE TARIMAS	MATERIA PRIMA	COSTO
Ámbar	250ml	155	Arena sílice	Q5,51/kg
			Caliza	Q0,22/kg
			Feldespatos	Q1,10/kg
	500ml	173	Hematita	Q1,89/kg
			<i>Cullet</i>	Q11,01/kg
			TOTAL	Q29,73/kg
Cristalino	250ml	70	Arena sílice	Q5,51/kg
			Caliza	Q0,22/kg
	500ml	138	Feldespatos	Q1,10/kg
			<i>Cullet</i>	Q11,01/kg
			TOTAL	Q17,84/kg

Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

Nota: se debe mencionar que el costo del *cullet* mes a mes varía de acuerdo con la cantidad entrante por reciclaje a la empresa.

Por ello, se tiene que la cantidad real consumida de cada una de las materias primas se representa en la siguiente tabla, así como la existencia actual de cada una de ellas en kg:

Tabla XI. Consumo real de materias primas

			Arena sílice (kg)	Caliza (kg)	Feldespató (kg)	Hematita (kg)	<i>Cullet</i> (kg)
Mes 1	Cristalino	250ml	60872	5072	2030	0	33479
		500ml	135270	11273	4509	0	74399
	Ámbar	250ml	68326	5694	2278	1139	56484
		500ml	122961	10247	4099	2049	65579
	TOTAL MES 1		387428	32285	12915	3188	229940
Mes 2	Cristalino	250ml	58166	4847	1939	0	31991
		500ml	162324	13527	5411	0	89278
	Ámbar	250ml	73109	6093	2437	1219	38992
		500ml	204935	17078	6831	3416	109298
	TOTAL MES 2		498533	41544	16619	4634	269559
Mes actual	Cristalino	250ml	47345	3945	1579	0	26039
		500ml	124448	10371	4148	0	68447
	Ámbar	250ml	105905	8826	3531	1765	56484
		500ml	157572	13131	5252	2626	84038
	TOTAL MES 3		435270	36272	14510	4392	235008
TOTAL			1321232	110102	44044	12214	734507

Fuente: elaboración propia.

- Arena sílice

Se tiene que la compra real de la arena sílice: 1 321 232kg.

Primeramente, se calcula el nivel de reorden necesario para la arena sílice, para ello, a partir de la ecuación 19, se procede:

$$NR = \left(\frac{1\ 321\ 232\text{kg}}{3} \right) * (8) = 3\ 523\ 284\ \text{kg de arena sílice}$$

Seguidamente, se tiene el inventario de seguridad que le permite a VIGUA tener su almacenen de materia prima, debido a que la producción dentro de la

misma siempre está en funcionamiento, por lo que se debe mantener un inventario, mediante la ecuación 20 se tiene:

$$RSS = 9 \text{ días} - 8 \text{ días} = 1 \text{ día}$$

$$SS = \left(\frac{1\,321\,232 \text{ kg}}{3} \right) * (1) = 440\,411 \text{ kg de arena sílice}$$

Además, la cantidad óptima para la arena sílice se representa a través de la ecuación 21, por lo que:

$$Q_{\text{opt}} = 2(440\,411) + (3\,523\,284) = 4\,404\,106 \text{ kg de arena sílice}$$

Para establecer la existencia de arena sílice que se tendrá en el siguiente periodo, se deberá tomar en cuenta el inventario de seguridad del material y la cantidad óptima del pedido, entonces:

$$\text{Existencia periodo 2} = 440\,410 + 4\,404\,106 = 4\,844\,516 \text{ kg de arena sílice.}$$

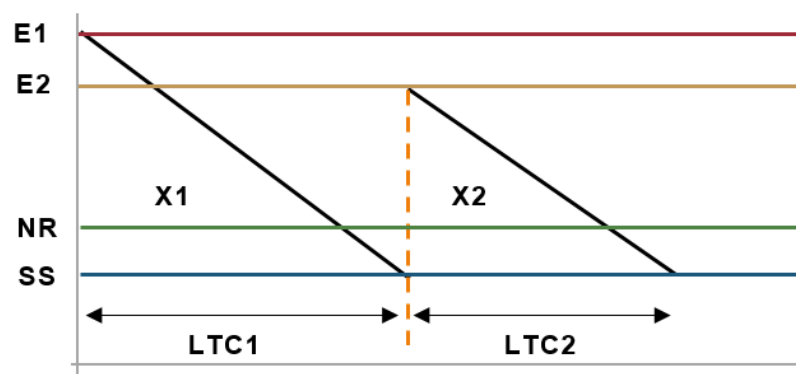
Se debe establecer la línea teórica de consumo (LTC), la cual indicará la finalidad del periodo antes de realizar el siguiente pedido, por lo que para ello se necesita la existencia actual (E1) y la existencia al iniciar el periodo 2 (E2) y el ciclo en que se está realizando el análisis, que en este caso son 3 meses:

$$\text{LTC periodo 1} = \left(\frac{5\,520\,934}{1\,321\,232} \right) (3) = 13 \text{ meses}$$

$$\text{LTC periodo 2} = \left(\frac{4\,844\,516}{1\,321\,232} \right) (3) = 11 \text{ meses}$$

En la siguiente gráfica se representa de manera esquemática la explosión del material para la arena sílice. A partir de ella, se calcula el tiempo entre pedidos para el periodo 1 (X1) y periodo 2 (X2) por medio de un análisis de triángulos semejantes:

Figura 27. **Esquema explosión de materiales**



Fuente: elaboración propia.

Así,

$$\frac{LTC1}{E1-SS} = \frac{X1}{E1-NR} \quad y \quad \frac{LTC2}{E2-SS} = \frac{X2}{E2-NR}$$

El tiempo entre pedidos para el periodo 1 (X1) es de 5 meses y para el periodo 2 (X2) es de 4 meses. En la siguiente tabla, se muestran los resultados obtenidos en la explosión de materiales para cada uno:

Tabla XII. **Resultados obtenidos explosión de materiales**

MATERIAL	RSS	NR (kg)	SS (kg)	Qopt (kg)	E2 (kg)	T PEDIDOS	
						X1	X2
ARENA SÍLICE	1	3 523 284	440 411	4 404 106	4 844 516	5	4
CALIZA	5	183 503	183 503	550 509	734 012	16	20
FELDESPATO	1	88 087	14 681	117 450	132 131	11	4
HEMATITA	3	20 357	12 214	44 785	56 999	17	12
CULLET	1	734 507	244 836	1 224 179	1 469 014	4	4

Fuente: elaboración propia.

El costo de la materia prima para la manufactura de los envases de vidrio por cada hora de operación está establecida de la siguiente manera:

Tabla XIII. **Determinación de costo-hora materia prima para envases de tipo cristalino de 250ml y 500ml**

CRISTALINO DE 250ml			
	Kg/TARIMA	Q/Kg	Q/TARIMA
Arena sílice (60 %)	676,35	5,51	3 726,69
Caliza (5 %)	56,36	0,22	12,40
Feldespató (2 %)	22,55	1,10	24,81
Hematita (1 %, aplica sólo para ámbar)	0,00	1,89	0,00
<i>Cullet</i> (33 % para cristalino y 32 % para ámbar)	371,99	11,01	4 095,61
Q/TARIMA			7 859,50
Q/h			235,31
CRISTALINO DE 500ml			
	Kg/TARIMA	Q/Kg	Q/TARIMA
Arena sílice (60 %)	901,80	5,51	4 968,92
Caliza (5 %)	75,15	0,22	16,53
Feldespató (2 %)	30,06	1,10	33,07
Hematita (1 %, aplica sólo para ámbar)	0,00	1,89	0,00
<i>Cullet</i> (33 % para cristalino y 32 % para ámbar)	495,99	11,01	5 460,85
Q/TARIMA			10 479,37
Q/h			188,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Determinación de costo-hora materia prima para envases de tipo ámbar de 250ml y 500ml**

ÁMBAR DE 250ml			
	Kg/TARIMA	Q/Kg	Q/TARIMA
Arena sílice (60 %)	683,26	5,51	3 764,76
Caliza (5 %)	56,94	0,22	12,53
Feldespato (2 %)	22,78	1,10	25,06
Hematita (1 %, aplica sólo para ámbar)	11,39	1,89	21,53
<i>Cullet</i> (33 % para cristalino y 32 % para ámbar)	364,41	11,01	4 012,15
Q/TARIMA			7 836,03
Q/h			234,61
ÁMBAR DE 500ml			
	Kg/TARIMA	Q/Kg	Q/TARIMA
Arena sílice (60 %)	910,82	5,51	5 018,62
Caliza (5 %)	75,90	0,22	16,70
Feldespato (2 %)	30,36	1,10	33,40
Hematita (1 %, aplica sólo para ámbar)	15,18	1,89	28,69
<i>Cullet</i> (33 % para cristalino y 32 % para ámbar)	485,77	11,01	5 348,33
Q/TARIMA			10 445,73
Q/h			187,65

Fuente: elaboración propia.

Por tanto:

$$C_{MP}=Q235,31/h +Q234,61/h +Q188,25/h +Q187,65/h$$

$$C_{MP}=Q845,83/h$$

Por ello, se tiene que el costo-hora de materia prima requerida es de Q845,83/h.

3.7. Determinación de costo-hora de maquinaria

Finalmente, se determina el costo-hora de la máquina por ser instalada a partir del costo de inversión, costo de posesión, costo de operación y costo de materia prima obtenidos a partir de la ecuación 1:

$$C_T=(Q30,89/h+Q18,86/h)+(Q75,43/h)+(Q587,21/h+Q2\ 244,28/h+Q6,23/h+Q340,28/h+Q60,34/h+Q60,34/h+Q1\ 346,63/h+Q143,87/h)+Q845,83/h$$

$$C_T=Q49,75/h+Q75,43/h+Q4\ 789,18/h+Q845,83/h$$

$$C_T=Q5\ 760,18/h$$

Es así como el costo-hora de la máquina IS es de Q5 760,18/h.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Proceso de implementación

Para el proceso de implementación, primero se asegura el área propicia para su instalación. De esta manera, se verifica que se logra adaptar con las condiciones que requieren en este caso la línea 41, en la cual será instalada la máquina IS.

Sin embargo, antes de ser instalada dicha maquinaria, se lleva un debido proceso ante la recepción correcta de la misma, ya que se deberá comprobar que cumple con todos los requisitos legales previstos, ciertas normas establecidas, especificaciones de calidad. Inspeccionar si existen posibles daños producidos por la descarga y transporte. Seguidamente, se lleva a cabo la aceptación, que es cuando se verifica y se comprueba que se cumple con cada una de las especificaciones legales y técnicas.

Después, se realiza el proceso de la manipulación, montaje e instalación, la cual deberán hacerse y regirse según las instrucciones de su fabricante y/o proveedor, tomando muy en cuenta los riesgos que puedan presentarse por una mala colocación ante los sistemas de protección.

Hacer uso de las instrucciones previstas en el manual de usuario para su funcionamiento, de modo que se cuenten con las medidas de prevención existentes en la máquina. En este proceso también se ve involucrado todo aquel personal que debe preparar las dimensiones en el área por ser instalada y colocar los pernos de anclajes, para fijar la maquinaria en un determinado lugar. Para

finalmente, realizar su alineación, y así instalarla en la posición más eficiente ante la línea de producción ya mencionada.

Llevar a cabo comprobaciones y ajustes finales para alinear y nivelar el sistema de producción en la línea a modo de dejar esta estación de trabajo en las condiciones más propicias para su funcionamiento inicial. Se debe mencionar que, al ser instalada, primero se deberá realizar una corrida de prueba esto con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la misma.

Una vez puesta en marcha, se realiza un acta en donde se hace constar dicha instalación, y así llevar un debido control en el formato de registro para el cálculo de costo-hora de dicha maquinaria.

4.2. Entidades responsables

Instalar nueva maquinaria dentro del procesos productivos de la línea 41 requiere de personal de distintas áreas a las cuales se les debe asignar tareas que deben cumplir para garantizar la eficiente implementación. Se tiene a la gerencia general, departamento de producción, área de mantenimiento y departamento de recursos humanos.

4.2.1. Gerencia general

Gerencia general tiene la responsabilidad de realizar e implementar una planificación estratégica mediante el desarrollo de metas tanto a corto como a largo plazo ante el cambio en el proceso al ser instalada la nueva máquina IS. De esta manera, debe coordinar reuniones periódicas con las demás gerencias involucradas en dicho montaje (producción, operaciones y recursos humanos) para analizar los cambios realizados y las mejoras que se han presentado. Así

como las deficiencias para plantear un plan de acción si el caso lo amerita para la toma de decisiones.

Además, este se encargará de planificar, organizar, direccionar y controlar las actividades ya planificadas (proceso de montaje, asegurar que se llevan a cabo las capacitaciones, resultados en la corrida de prueba, acciones correctivas, acciones preventivas.) en dichas reuniones para compararlo con lo realizado y establecer qué diferencias existen entre estos y por qué se presentan estas discrepancias.

4.2.2. Departamento de producción

El departamento de producción en conjunto es el responsable garantizar el buen funcionamiento de la maquinaria. Este departamento se divide en área de fabricación, taller de moldes y taller IS. El área de fabricación es el lugar donde será instalada, y los operarios tendrán a su cargo su uso. Por otro lado, el gerente de producción deberá estar al tanto de los resultados generados en la corrida de prueba y en las fallas y/o anomalías que puedan presentarse para notificarle al área de mantenimiento (taller IS) para que estos procedan a tomar medidas correctivas o preventivas.

El presupuesto necesario para la compra de dicha maquinaria recaerá hacia este departamento. Por ello, el departamento de producción deberá llevar un control del costo-hora máquina en su debido formato de registro para cada año y así analizar si esta instalación le ha traído beneficios para su área y que no los afecte significativamente en su presupuesto.

4.2.3. Área de mantenimiento

El área de mantenimiento de la maquinaria de tipo IS en la empresa es directamente el taller IS. Este debe proporcionar de manera eficiente todo lo relacionado al mantenimiento preventivo y correctivo que presente la nueva maquinaria una vez instalada. También, será el encargado del montaje e instalación para su desarrollo. Garantizar las condiciones más óptimas para su funcionamiento y su conservación para evitar y reducir en gran medida el paro innecesario de maquinaria. Así, esta área debe establecer correctamente las medidas de seguridad establecidas por el fabricante de la máquina para evitar incidentes en los operarios en esta estación de trabajo.

4.2.4. Departamento de recursos humanos

El departamento de recursos humanos deberá realizar una debida capacitación para que el personal del área de fabricación, taller de moldes y de taller IS adquiera conocimientos técnicos, teóricos y prácticos para que sean de aprovechamiento en el desempeño del uso de la maquinaria. El área de fabricación y el taller de moldes se encargarán del funcionamiento. El taller de moldes, al tener conocimiento de las nuevas especificaciones necesarias en las molduras y taller IS, deberá realizar su montaje, instalación y su mantenimiento periódico.

Cabe destacar que recursos humanos deberá contratar a un especialista en el tema que será proporcionado por la entidad fabricante de la maquinaria y el equipo, y que dicha capacitación deberá realizarse antes de la fecha prevista para su instalación.

4.3. Asignación de tareas

Para llevarse a cabo la implementación del proyecto, se deberá asignar tareas a específicas personas. En la siguiente tabla se muestra dicha asignación:

Tabla XV. **Asignación de tareas**

ÁREA	ENCARGADO	TAREA
Gerencia General	Gerente General	Convocar a reuniones periódicas para analizar la viabilidad del proyecto. Tomar decisiones que sean favorables para la empresa.
	Gestor de calidad integral	Llevar el control de registros de costo-hora máquina y verificación de mejora continua en el área de fabricación, para documentar las acciones correctivas y preventivas por ser realizadas en el área de mantenimiento.
Compras	Jefe de compras	Encargado de gestionar la compra de nuevas tecnologías de maquinaria.
Operaciones	Gerente de operaciones	Deberá establecer un específico plan para la recepción de la maquinaria en el área de embarques y que permita ser trasladada al área designada.

Continuación tabla XV.

Producción	Gerente de Producción	Generar un plan para poner en marcha la maquinaria una vez sea instalada en la estación de trabajo a través de
	Jefes de fabricación y control del proceso	
	Jefe de taller IS	Gestionar la metodología de montaje, instalación y mantenimiento de la nueva tecnología de la máquina IS.
Recursos Humanos	Gente de Recursos Humanos	Autorizar cantidad de trabajadores que asistirán a la capacitación y autorizar el profesional a impartir dicha capacitación
	Jefe de capacitación	Autorizar lugar, fecha y hora de realización de la capacitación. Buscar profesional encargado de impartirla.
	Asistente de capacitación	Gestionar logística, lugar, fecha y hora para impartir la capacitación al personal.
	Profesional con conocimientos de la nueva tecnología en la máquina IS	Impartir capacitación del personal de trabajo.

Fuente: elaboración propia.

4.4. Cronograma de actividades para implementación

Se cuenta con un cronograma de actividades por seguir que permite llevar una secuencia lógica y eficiente en la instalación de la nueva máquina IS. Tomando en cuenta el montaje del equipo, el programa de capacitación al personal y la corrida de prueba.

4.4.1. Montaje de equipo

En la siguiente figura se muestra el cronograma de actividades para el montaje del equipo, desde que la maquinaria llega a la empresa hasta esta ser instalada. Cabe destacar que el tiempo de tránsito de maquinaria hacia la empresa es de 18 días, el cual permite preparar la estación de trabajo donde será instalada.

Figura 28. Cronograma de actividades para montaje de equipo

ACTIVIDADES MONTAJE DE EQUIPO																																				
SEMANAS	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4							SEMANA 5							
DÍAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
Preparar estación de trabajo																																				
Recepción de equipo en empresa																																				
Inspeccionar cuestiones legales, daños, etc.																																				
Aceptación de entrega																																				
Manipulación, montaje e instalación																																				
Alineación y nivelación a línea de producción																																				
Realizar actuar de instalación																																				

Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Programa de capacitación

Se presenta el cronograma de actividades para llevar a cabo un programa de capacitación necesario para los operarios en los turnos de trabajo A, B, C y jefes de áreas. De tal manera que dicho cronograma se manejará paralelamente al montaje e instalación de la maquinaria, para que una vez finalizada dicha instalación el personal esté familiarizado con la misma.

Figura 29. **Cronograma para realización de programa de capacitación**

CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN																																			
SEMANAS	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4							SEMANA 5						
DÍAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Definición de objetivos de capacitación																																			
Elaboración de programa de capacitación																																			
Revisión y autorización de programa de capacitación																																			
Búsqueda de profesional apto para impartir la capacitación a través de entrevistas y hoja de vida																																			
Ejecución de programa de capacitación																																			
Realización de reportes de capacitación y evaluación resultados																																			

Fuente: elaboración propia.

4.4.3. Corrida de prueba

Se cuenta con el cronograma de actividades para la corrida de prueba. Dicho cronograma inicia a partir de la semana 6, una vez ya se haya realizado el montaje, instalación y capacitación del personal para realizarse.

Figura 30. **Cronograma de actividades corrida de prueba**

ACTIVIDADES DE CORRIDA DE PRUEBA																																												
SEMANAS	SEMANA 6							SEMANA 7							SEMANA 8							SEMANA 9							SEMANA 10															
DÍAS	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7		
Verificar correcta instalación de equipo																																												
Instalación de moldura																																												
Seleccionar al turno de operarios que estará presente en la corrida de prueba																																												
Realización de corridas de prueba																																												
Validación																																												
Análisis en laboratorio físico de una muestra																																												
Documentación e implementación de resultados																																												
Realización de corridas de producción reales																																												

Fuente: elaboración propia.

4.5. Programa de capacitación de personal

Se desarrolló un plan de capacitación para el personal que manipulará la maquinaria. De esta manera, se puede conocer el correcto manejo del equipo,

riesgos que podrían presentarse y el equipo de protección personal por ser utilizado en su área de trabajo.

4.5.1. Desarrollo del programa

Se desarrolló un programa para la capacitación del personal en los tres turnos de operarios y para los jefes de las distintas áreas involucradas en esta estación de trabajo (fabricación). Es importante que todo este personal tenga conocimientos claros y contundentes para la manipulación de la nueva maquinaria.

La información preliminar para dicha capacitación es la siguiente:

Objetivo: lograr la adaptación del personal y ampliar sus conocimientos para la utilización de nueva tecnología en maquinaria de tipo IS en el área de fabricación.

Personal objetivo: operarios del área de fabricación de los turnos A, B y C y los jefes de áreas de producción.

Entre las temáticas que se contemplarán en la capacitación están:

- Manejo adecuado del equipo
- Evaluación de riesgos
- Equipo de protección personal

4.5.1.1. Manejo adecuado del equipo

La maquinaria de tipo IS es de vital importancia que tenga su debido manejo adecuado por parte del personal que lo manipulará.

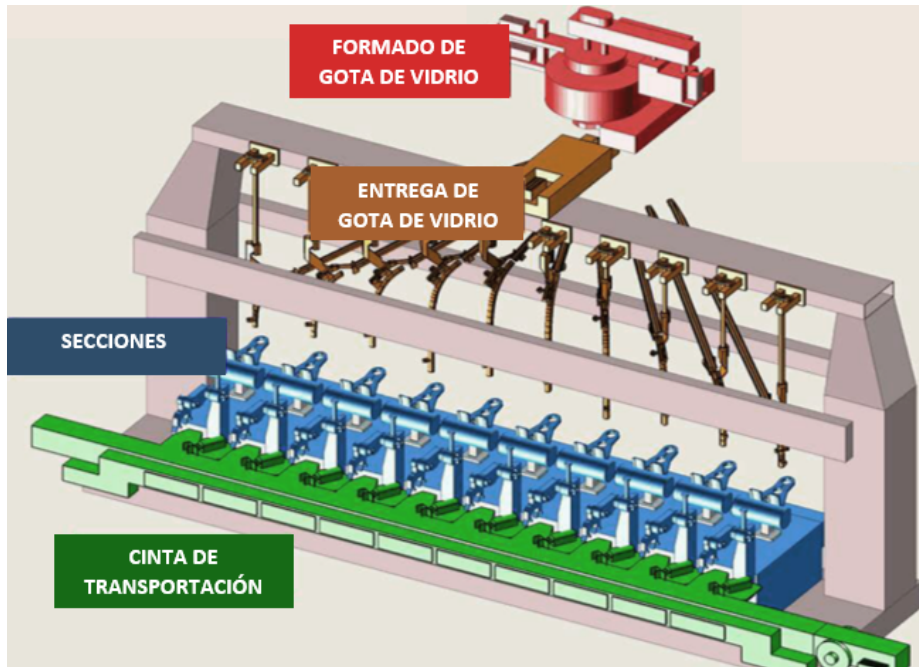
Para la manipulación de la nueva máquina IS, se contará con 3 operarios por turno. Al tener 12 secciones, estas se distribuirán entre los operarios para su lubricación e inspección según el diagrama de hombre-máquina previsto en el capítulo anterior (ver apartado 3.1.4). Que los operarios tengan en mente tres reglas para lograr un sistema de lubricación correcto: frecuencia correcta, cantidad correcta y lugar correcto.

Asimismo, el supervisor del área verificará que cada uno de los trabajadores está cumpliendo con las especificaciones establecidas por el fabricante para evitar cualquier tipo de consecuencias a causa del mal manejo del equipo.

En la capacitación, el profesional encargado de impartirla tendrá la tarea de enseñarle tanto teórica como prácticamente el proceso de funcionamiento de la maquinaria. Además, enseñarles que, si en dado caso deben dejar su puesto de trabajo, deben notificarle al jefe inmediato para que tome medidas necesarias.

A continuación, se muestra en términos generales el proceso que conlleva el sistema de la máquina IS:

Figura 31. Sistema general de máquina IS



Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

Existen ciertas consecuencias y factores influyentes en el mal manejo del equipo y que deben ser evitadas:

- Problemática en la seguridad por la ocurrencia de accidentes e incidentes
- Derrame de vidrio
- Aparición constante de merma en la estación de trabajo
- Choques entre los envases que provoque un defecto
- Producto no conforme
- Paros de maquinaria
- Mala lubricación en las secciones
- Mala colocación de moldes en las secciones

4.5.1.2. Evaluación de riesgos

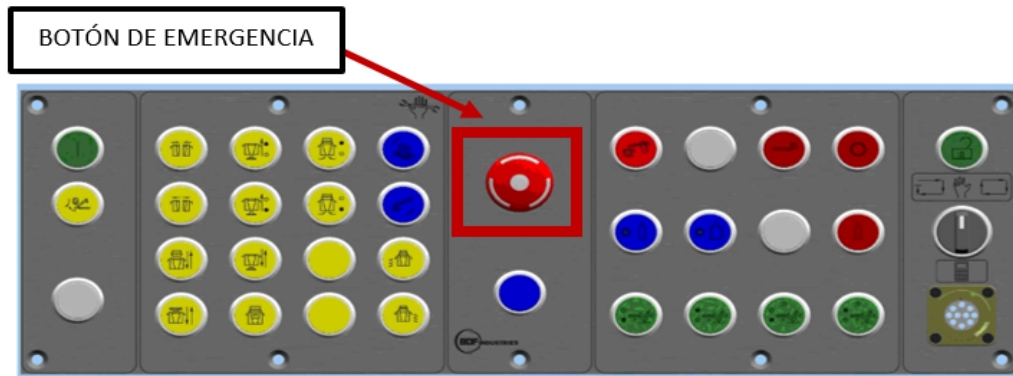
El personal involucrado en la manipulación debe implementar estrategias para evitar la ocurrencia de accidentes graves con el uso de maquinaria. Sin embargo, como industria, VIGUA, S.A. desarrollar un plan que le permita garantizar la no ocurrencia de esta problemática. Para ello, en la capacitación al personal del área de fabricación se le debe proporcionar conocimientos que permitan que tenga un grado de especialización para evaluar las condiciones de seguridad en su puesto de trabajo y, a su vez, realizar todo tipo de recomendación en su operación.

Entre los aspectos técnicos que deben conocer el personal para el uso de la nueva tecnología de máquina IS se encuentran:

- Bloqueo de seguridad en la maquinaria (Ver apartado 3.2.1.1.3).
- Protección, ubicación de bloqueo de seguridad, EPP.
- Control de riesgos en la maquinaria (mejoramiento en comunicar a sus jefes los riesgos específicos que encuentran en sus áreas de trabajo que puedan afectar su seguridad y salud ocupacional).

Es importante que tengan conocimiento de todo el sistema de seguridad de la maquinaria, para que de manera determinada sepan qué hacer en caso de algún accidente. Por ello, en la siguiente figura se muestra el panel de control de seguridad en el cual los operarios sepan presionar el botón rojo como emergencia para paro de la máquina de ser necesario.

Figura 32. **Panel de control**



Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

Se debe tomar en cuenta que los demás botones son para su uso manual, y que sirven para definir el curso de la maquinaria y el tipo de proceso por llevarse a cabo (soplo-soplo y/o prensa-soplo), así como el manejo de cada sección.

Además, se tiene de una caja local de control la cual se acciona una vez se haya presionado el botón de emergencia. Se enciende la luz roja (alarma) y realiza un sonido de emergencia para que los trabajadores tomen sus debidas precauciones. En la siguiente figura se muestra dicha caja local de control:

Figura 33. **Caja local de control**



Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

4.5.1.3. Equipo de protección personal

Existirán riesgos que no podrán evitarse a pesar de las medidas técnicas, procedimientos y/o métodos de seguridad en la estación de trabajo. Por ello, el equipo de protección personal es de vital importancia para el trabajador, ya que lo protege de los riesgos que puedan amenazar su seguridad.

Vidriera Guatemalteca, S.A. actualmente, cuenta con dispensadores de equipo de protección personal. En esta capacitación, el profesional le orientará al personal para que sepan cómo utilizarlo. El equipo de protección personal necesario en esta estación de trabajo es el siguiente:

Tabla XVI. **Equipo de protección personal**

DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Lentes	
Guantes industriales	

Continuación tabla XVI.

Tapones para los oídos	
Uniforme VIGUA (pantalón de lona y camisa diseñada para temperaturas altas)	
Zapatos industriales con punta de acero	

Fuente: elaboración propia.

Es indispensable que el trabajador conozca los beneficios del uso adecuado de su EPP, y que este esté siempre en buenas condiciones de operación (estado de conservación y funcionamiento).

4.5.2. Cronograma de actividades de capacitación

A continuación, se presenta el cronograma de actividades por llevarse a cabo durante el programa de capacitación.

Figura 34. **Cronograma de actividades del programa de capacitación**

CRONOGRAMA DE PROGRAMA DE CAPACITACIÓN																			
HORARIO	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00
Apertura																			
Manejo adecuado del equipo																			
Receso																			
Evaluación de riesgos																			
Equipo de protección personal																			
Resolución de dudas																			
Almuerzo																			
Evaluación de conocimientos adquiridos a personal a través de un examen teórico																			
Práctica de campo en estación de trabajo																			

Fuente: elaboración propia

4.6. Mantenimiento para nuevas tecnologías

Es importante que la empresa realice un mantenimiento en su maquinaria para garantizar que sean lo más eficientes que puedan ser. Esto con el fin de evitar que se vuelvan obsoletas rápidamente. Por ello, a continuación se presenta una propuesta de programación de mantenimiento.

4.6.1. Programación de mantenimiento

Se debe realizar una programación de mantenimiento preventivo y correctivo. Para ello, en el caso del mantenimiento preventivo, anualmente el jefe de mantenimiento IS debe elaborar un plan anual de mantenimiento preventivo en las máquinas IS, de acuerdo con el historial de mantenimiento. De esta manera, es indispensable priorizar actividades.

Una vez aprobado dicho programa, se dará seguimiento, y se verificará que se estén realizando las acciones planteadas en el documento. Asignar al personal de taller IS para ejecutar las respectivas actividades calendarizadas y el horario para realizarlas. Dicho mantenimiento deberá ser registrado por manera escrita para dar constancia del trabajo en los respectivos formatos de registros.

Sin embargo, luego de ejecutado el trabajo, las piezas ya cambiadas deben ser llevadas al taller IS para definir su estado real, y definir si es necesario programar una compra o si se procede a repararla. Finalmente, si las piezas son reparadas, se identifican y se almacenan en el área de taller IS.

En el caso del mantenimiento correctivo, se le debe notificar al mecánico de taller IS si es dado caso existe alguna anomalía en la máquina. Aquí se procederá

a realizar una solicitud de acciones correctivas para analizar posibles causas y definir cómo corregir dichas causas. Así, el mecánico de turno debe evaluar cómo proceder a realizar el mantenimiento y si existen los recursos necesarios para realizarla. Caso contrario, se notifica al jefe de mantenimiento IS para las debidas acciones.

De tal manera, una vez se haya reparado la falla, el mecánico de turno deberá verificar la normalidad de la máquina y proceder a registrar dicha acción. Seguidamente, se traslada la pieza reemplazada y se evalúa su estado y se procede como en el caso del mantenimiento preventivo.

4.6.2. Inspección periódica

Al realizar la rutina general de inspección, el supervisor de turno revisa la máquina cada treinta días para verificar que no se encuentra ninguna anormalidad y se procede a registrar por escrito su estado actual. De encontrarse alguna falla, se procede con la metodología prevista en el inciso anterior.

Para la inspección periódica, el supervisor analiza aspectos importantes en la máquina IS para asegurar que no existan fallas en su operación:

Tabla XVII. **Áreas por inspeccionar en máquina IS**

ÁREA A INSPECCIONAR			
MECANISMO DE OBTURADOR	Amortiguamiento	MECANISMO DE BOMBILLO	Cojinetes
	Velocidad de Operación		Seguro de bisagras
TOBERAS DE ENFRIAMIENTO	Estado	BANDA TRANSPORTADORA	Estado
MECANISMO DE MOLDE	Válvulas de abrir y cerrar	PISTÓN	Funcionamiento
MECANISMO DE CABEZA DE SOPLO	Velocidad	BANDA TRANSVERSAL	Estado
	Seguro		Rodillos
DISTRIBUIDOR DE GOTA	Nivel de aceite	SIST. SEGURIDAD	Estado
	Vibraciones	SIST. DE LUBRICACIÓN	Estado

Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

4.6.2.1. Modelo de inspección periódica

Es importante contar con modelos para la inspección periódica de la maquinaria. Estos modelos ayudarán a documentar la información para posteriormente analizar y encontrar posibles fallas a ser corregidas. Se presenta un modelo para el mantenimiento preventivo y correctivo.

4.6.2.1.1. Mantenimiento preventivo

Es importante registrar todo tipo de mantenimiento preventivo realizado para la documentación, el cual se presenta el siguiente formato de registro:

Figura 35. Formato de registro de mantenimiento preventivo

REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																	
FECHA:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Código:</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Área:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Maquina:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:		Área:		Maquina:									
Código:																	
Área:																	
Maquina:																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Nombre de máquina:</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Código de maquinaria:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Código de compra de repuestos:</td> <td></td> </tr> </table>		Nombre de máquina:		Código de maquinaria:		Código de compra de repuestos:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Prioridad (alta, media o baja):</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Responsable:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Fecha de inicio:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Fecha de fin:</td> <td></td> </tr> </table>		Prioridad (alta, media o baja):		Responsable:		Fecha de inicio:		Fecha de fin:	
Nombre de máquina:																	
Código de maquinaria:																	
Código de compra de repuestos:																	
Prioridad (alta, media o baja):																	
Responsable:																	
Fecha de inicio:																	
Fecha de fin:																	
INFORMACIÓN DE OPERACIÓN																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Tiempo planeado (h):</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Cantidad de personas:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Frecuencia:</td> <td></td> </tr> </table>		Tiempo planeado (h):		Cantidad de personas:		Frecuencia:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Tiempo real (h):</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Cantidad de personas utilizadas:</td> <td></td> </tr> </table>		Tiempo real (h):		Cantidad de personas utilizadas:					
Tiempo planeado (h):																	
Cantidad de personas:																	
Frecuencia:																	
Tiempo real (h):																	
Cantidad de personas utilizadas:																	
Nombre y firma encargado de área: _____		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">FECHA ENTREGA:</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">/ /</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">HORA ENTREGA:</td> <td style="text-align: center;">:</td> </tr> </table>		FECHA ENTREGA:	/ /	HORA ENTREGA:	:										
FECHA ENTREGA:	/ /																
HORA ENTREGA:	:																
<div style="border: 1px solid black; height: 80px; margin-top: 10px;">OBSERVACIONES:</div>																	

Fuente: elaboración propia.

Además, debido a que se lleva un plan anual de mantenimiento preventivo en las máquinas IS, una vez al año se debe llenar el siguiente formato de registro para establecer el mes que se realizará cada actividad referente al mantenimiento preventivo, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 36. **Formato de registro plan anual de mantenimiento preventivo**

AÑO:

PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ACTIVIDADES	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

OBSERVACIONES:

 Jefe de Mantenimiento IS

Fuente: elaboración propia.

4.6.2.1.2. Mantenimiento correctivo

Para el mantenimiento correctivo es necesario el siguiente formato de registros de solicitud:

Figura 37. Formato de registro de mantenimiento correctivo

REGISTRO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO															
FECHA:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Código:</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Área:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Maquina:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:		Área:		Maquina:							
Código:															
Área:															
Maquina:															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Nombre de máquina:</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Código de maquinaria:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Código de compra de repuestos:</td> <td></td> </tr> </table>		Nombre de máquina:		Código de maquinaria:		Código de compra de repuestos:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Responsable:</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Fecha de inicio:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Fecha de fin:</td> <td></td> </tr> </table>		Responsable:		Fecha de inicio:		Fecha de fin:	
Nombre de máquina:															
Código de maquinaria:															
Código de compra de repuestos:															
Responsable:															
Fecha de inicio:															
Fecha de fin:															
INFORMACIÓN DE OPERACIÓN															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Tiempo planeado (h):</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Cantidad de personas:</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Frecuencia:</td> <td></td> </tr> </table>		Tiempo planeado (h):		Cantidad de personas:		Frecuencia:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">Tiempo real (h):</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Cantidad de personas utilizadas:</td> <td></td> </tr> </table>		Tiempo real (h):		Cantidad de personas utilizadas:			
Tiempo planeado (h):															
Cantidad de personas:															
Frecuencia:															
Tiempo real (h):															
Cantidad de personas utilizadas:															
Nombre y firma encargado de área: _____		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;">FECHA ENTREGA:</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">/ /</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">HORA ENTREGA:</td> <td style="text-align: center;">:</td> </tr> </table>		FECHA ENTREGA:	/ /	HORA ENTREGA:	:								
FECHA ENTREGA:	/ /														
HORA ENTREGA:	:														
<div style="border: 1px solid black; height: 80px; margin-top: 10px;">OBSERVACIONES:</div>															

Fuente: elaboración propia.

4.7. Actualización de registros y procedimientos ISO 9001-2008 del puesto

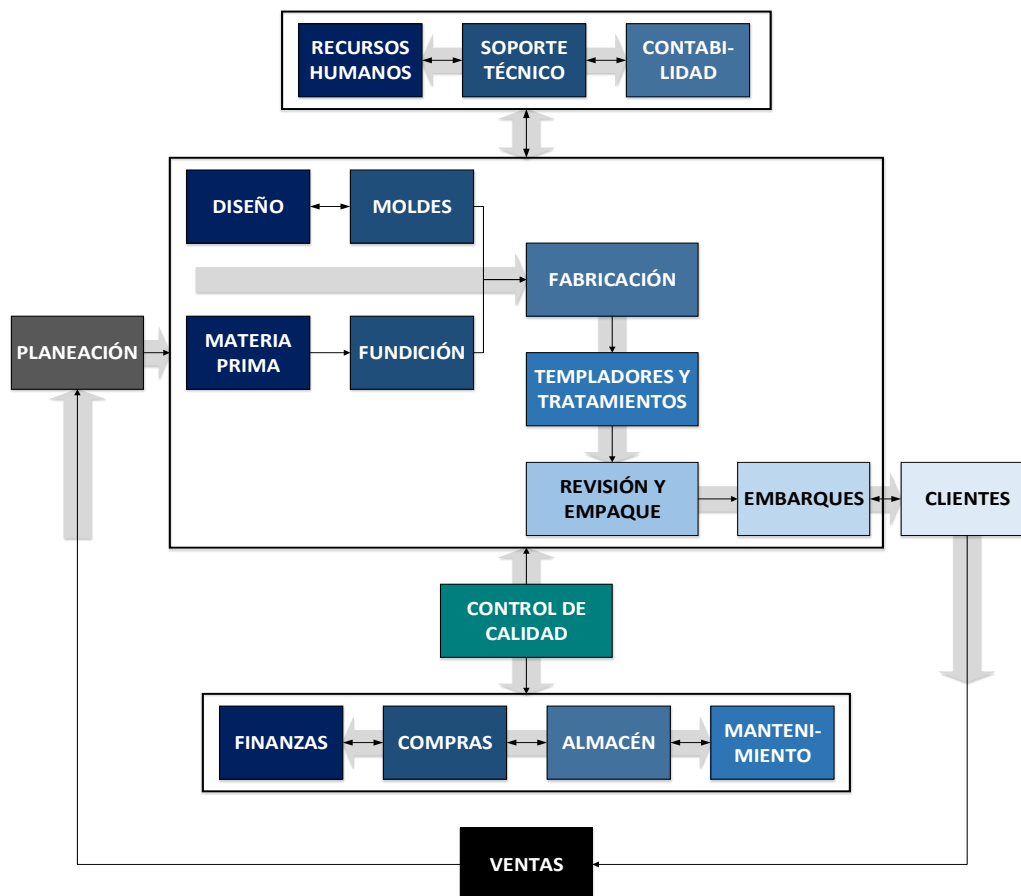
Debido a que se implementará nueva tecnología en el proceso de manufactura de los envases, es importante tener planteado un mapa de procesos para establecer el funcionamiento de la organización, un procedimiento para

saber qué pasos seguir en la estación de trabajo donde está instalada la máquina y así llevar un registro de información necesaria que evidencia su implementación.

4.7.1. Mapa del proceso

En la siguiente figura se muestra el mapa del proceso, el cual permite visualizar el proceso de manera más esquematizada a partir del cambio de la tecnología por ser realizada:

Figura 38. Mapa de procesos



Fuente: elaboración propia.

4.7.2. Procedimiento

El procedimiento que describe detalladamente las actividades y procesos que debe seguir el personal para la maquinaria de tipo IS debe tener un respectivo método y la identificación de responsables. A partir de este procedimiento, en el área de fabricación se evitará cometer errores por parte de los operarios, debido a que estos seguirían las instrucciones ya establecidas.

El objetivo primordial de este procedimiento es establecer la mejor forma de llevar a cabo actividades para disminuir tiempos entre dicho proceso. El alcance como tal, debe ser aplicado al personal involucrado en el proceso en el que también conozcan los lineamientos por seguir para un plan de emergencias si es que se presente un accidente e incidente. A pesar de que esto ya fue visto en la capacitación, es importante tenerlo documentado.

Uno de los riesgos más concurrentes al instalarse la nueva tecnología es el incendio por una mala conexión. Se cuenta con un procedimiento para el plan de emergencia consolidado en el que se detallan las rutas de evacuación y comité encargado. Por ello, se tiene:

- Comité encargado

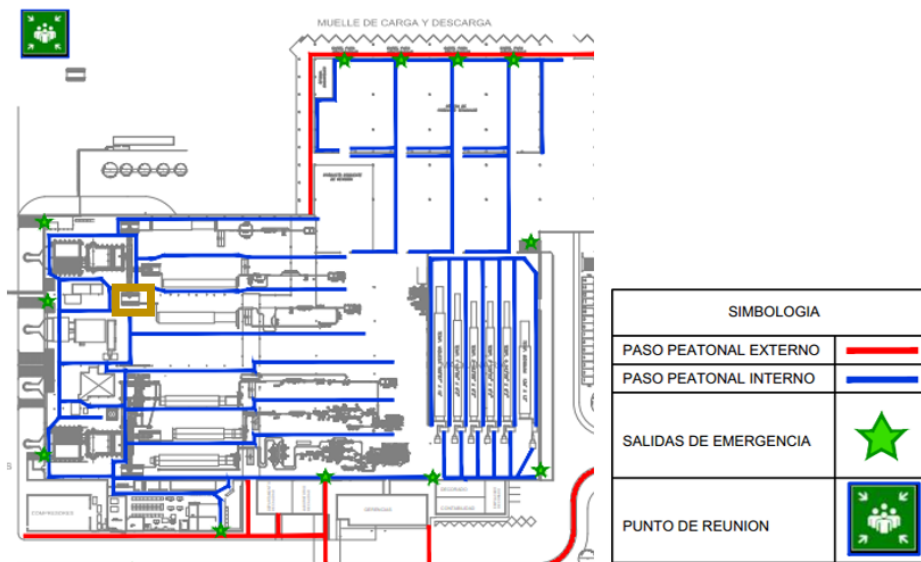
El personal que conforma el comité encargado en caso de emergencia será: supervisores de turno, jefes del departamento y el jefe de seguridad industrial.

- Lineamientos
 - No echar agua encima de la maquinaria debido a la temperatura que esta maquinaria utiliza.

- El operador de fabricación debe apagar inmediatamente el abanico de enfriamiento de moldes.
 - Apagar el sistema de lubricación en la máquina.
 - El tipo de extintor a utilizar es de polvo.
- Rutas de evacuación

En el presente plano se muestran las rutas de emergencia de la planta. Sin embargo, en el área encerrada de amarillo se ubicará la nueva maquinaria para que los operarios conozcan las rutas de evacuación a partir de esta nueva estación de trabajo:

Figura 39. **Rutas de evacuación**



Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

Por otro lado, es indispensable un procedimiento específico en el que se describe la metodología para llevar a cabo el mantenimiento preventivo como correctivo. En este capítulo se desarrolló el proceso necesario para realizar una

solicitud de mantenimiento de ambos tipos, de tal manera, deberá ser documento con el formato de la empresa en un procedimiento para su documentación. Dicho procedimiento deberá ir dirigido y aplicado al Departamento de Mantenimiento IS, describiendo los registros que avalan la implementación de los procedimientos.

4.7.3. Registro

El registro dentro de la empresa vidriera será fundamental para evidenciar la implementación de ciertas instrucciones y procedimientos de la actividad involucrada con la nueva máquina IS instalada. Se debe mencionar que todo procedimiento para la mejora en el proceso, debe ser registrado mediante un documento.

Por ello, los formatos de registros dados en este capítulo deben tener su debida identificación y estar relacionados al procedimiento respectivo. Es decir, en el caso de los registros por mantenimiento, se realiza con base en el Procedimiento para Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Máquinas I.S. ya actualizado con su respectiva codificación.

Asimismo, estos formatos de registros planteados deberán llevar su fecha de llenado y la firma de la persona responsable de los resultados para finalmente ser almacenados en el área, en este caso, fabricación o taller IS según sea el caso. Estos deben ser retenidos por lo menos 3 años (requisito ya establecido por la empresa) para efectos de calidad integral.

5. RESULTADOS

5.1. Resultados obtenidos

A partir de los resultados obtenidos, se tiene que el costo-hora de la maquinaria IS por ser instalada es de Q5 760,18/h. Esto fue lo esperado, ya que de tal manera, no le trae pérdidas a la empresa.

5.1.1. Interpretación

Debido a que no se cuenta con costos horarios históricos, se analizará en base a lo proyectado. Considerando que en este costo se toman en cuenta costos de inversión (precio, fletes, cantidad arancelaria y otros), costo de posesión (depreciación), costos de operación (salarios, piezas de desgaste rápido, lubricante, etc.) y costos de materias primas, que se realizan en base a la demanda que se tenga en un periodo determinado.

Lo que se busca con este proyecto es determinar qué tan viable y rentable es la implementación de nueva maquinaria IS en el área de producción. Para ello, se realizó un análisis de valor presente neto y de tasa interna de retorno (ver apartado 3.3.2.5). El VPN al ser un indicador que define el valor real por tener de acuerdo con proyecciones futuras, el cual dio como resultado: Q22 070 087,61. Por otro lado, la TIR que es la tasa máxima a la cual se tendrá ganancias, dio como resultado de 30,21 %.

De acuerdo con los lineamientos que trae consigo el análisis, al tener un VPN positivo y una TIR mayor a la TMAR (30,21 % > 25,00 %), se deduce que el

proyecto es rentable para la compañía. Es decir, es factible desde el punto de vista financiero y, por lo tanto, se recomienda ejecutarlo. Será un proyecto capaz de generar dinero en el área de producción y recuperar lo invertido y no tener cantidades negativas en su presupuesto anual como departamento.

5.1.2. Aplicación

La propuesta de análisis de costo-hora de maquinaria IS se aplicará a partir del año en que se instalará dicha maquinaria. A pesar de que lo realizado en este trabajo de graduación fueron cálculos previos, será necesario actualizar la información anualmente para comparar cantidades proyectadas con cantidades reales.

Para el montaje, instalación y nivelación de la nueva tecnología se realizará en el mes 2, desde que se hace el negocio y contrato con el fabricante del bien. Esto, debido a que debe realizarse el proceso de logística hasta la llegada de la maquinaria a la empresa. Tiempo en el que se le capacitará al personal en temas relacionados a la maquinaria, como lo especificado en el capítulo anterior. Asimismo, la corrida de prueba se realizará durante cinco días para realizar análisis físico en la muestra y garantizar que trabaja en óptimas condiciones.

Los formatos de registros propuestos entrarían en vigencia cuando se haya realizado la corrida de prueba. Se procederá a la autorización por las partes interesadas y a identificar dichos registros para proporcionárselos a las personas oportunas y llevar su control como documento.

5.2. Ventajas y beneficios

Implementar esta nueva tecnología dentro del proceso de manufactura trae consigo ciertos beneficios tanto operativos como económicos.

5.2.1. Beneficios en la operación

Existen ciertos beneficios en la operación al comprar esta maquinaria, entre estos se encuentran:

- Mayor eficiencia en la estación de trabajo donde se instala la maquinaria
- Menor desperdicio de material
- Mejor utilización de fuentes de alimentación de energía eléctrica
- Mayor velocidad en los procesos
- Mejor sistema de seguridad y lubricación
- Aumento en la productividad
- Disminución de tiempos

5.2.2. Beneficios económicos

La empresa presentará ciertos beneficios económicos que ayudarán al departamento de producción para incrementar su presupuesto anual sin necesidad de traer pérdidas monetarias:

- Disminución en costos de producción
- Ahorro de energía eléctrica
- Bajos costos de mano de obra
- Mayor capacidad de producción
- Reducción en costos de mantenimiento

5.3. Auditorías ISO

Debido a que la empresa se encuentra certificada con la norma ISO 9001:2008, se debe evaluar el rendimiento de la maquinaria y verificar que esta no presenta efectos negativos en sus procesos. Por ello, se realizan auditorías tanto internas como externas a la empresa.

5.3.1. Internas

Las auditorías internas ISO 9001 es un proceso que se realiza para evidenciar y evaluar objetivamente los requisitos del Sistema de Gestión de Calidad en los procesos implementados.

Mediante las auditorías internas, para la documentación, el gestor de calidad integral de la empresa se encarga de realizarlas por lo menos una vez al año para evitar anomalías en las áreas. De esta manera, el departamento de producción (fabricación y taller IS) deberá cerciorarse de hacer el uso correcto de los formatos de registros y llevar un debido control de ellos.

A partir de este tipo de auditorías, Vidriera Guatemalteca, S.A. puede asegurar su conformidad en el proceso de fabricación por medio de la nueva tecnología instalada de maquinaria de tipo IS.

5.3.2. Externas

Es importante llevar un control externo de los documentos, para lo cual se hace uso de auditorías externas. Aquí, se examina que la información y registros del área estén en orden. Esto con el fin de evidenciar de manera objetiva el grado de cumplimiento con el criterio de la auditoría.

Al ser esta una empresa proveedora de empaque primario, los clientes tienen el derecho de realizar auditorías constantes para garantizar que llevan un control en sus procesos. Asimismo, el ente certificador para ISO 9001 realiza auditorías de seguimiento cada tres años para revisar toda la documentación y certificar que la empresa cumplirá con cada uno de los lineamientos previstos. De tal manera, el área de fabricación, al tener una nueva tecnología en sus procesos, deberá llevar dicho control de manera estricta para demostrar que la máquina IS instalada no afectará perjudicialmente sus procesos.

5.4. Modelo metodológico de costo-hora para informes técnicos

Se presenta un modelo metodológico para llevar el registro anual del costo-hora para la maquinaria en la empresa, lo cual servirá para la elaboración de informes técnicos y así definir los beneficios monetarios para su inversión.

Figura 40. **Modelo metodológico de costo-hora para informes técnicos en el área**

COSTO-HORA MAQUINARIA			
NOMBRE DE MÁQUINA		AÑO DE CÁLCULO	
MARCA		PRECIO DE ADQUISICIÓN	
ID MÁQUINA		LÍNEA DE PRODUCCIÓN	
COSTO INVERSIÓN	COSTO POSESIÓN	COSTO DE OPERACIÓN	COSTO DE MP
COSTO TOTAL			
OBSERVACIONES			
<div style="border-top: 1px solid black; width: 200px; margin: 0 auto; margin-bottom: 5px;"></div> JEFE DE ÁREA			

Fuente: elaboración propia.

5.5. Medios de verificación

Una vez instalada la maquinaria, es importante asegurarse de que los procesos sean competitivos para satisfacer los estándares de producción de los envases de vidrio en esta nueva tecnología. Es importante que, como empresa, se tenga en cuenta medios para verificar esas fallas que se llegan a presentar

por medio de un modelo de mejora continua para corregir errores y mejorar el rendimiento en la operación de sus procesos.

5.5.1. Modelo de mejora continua

Se tiene un modelo para la mejora continua en el proyecto al ser implementado, y así demostrar de forma esquematizada y estructurada la resolución de problemas y el proceso que conlleva.

Figura 41. **Modelo de mejora continua**



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El costo de inversión es de Q49,75/h, el cual se relaciona con el valor de adquisición, transporte e impuestos por importación de la maquinaria por ser implementada en el proceso de manufactura del producto.
2. Para el análisis costo-hora de maquinaria se tiene el costo por posesión, el cual permite conservar el bien en un determinado periodo, se obtuvo un resultado de Q75,43/h a partir de la adquisición.
3. Entre los costos que involucra poner en operación la maquinaria se encuentran: lubricantes, combustibles y grasa, mantenimiento y reparaciones, consumo eléctrico y la mano de obra directa. Tomando en cuenta que el costo de operación horario es de Q4 789,18/h.
4. El mantenimiento de todo tipo de acciones que involucran la conservación en buen estado de la maquinaria, conlleva a costos periódicos en la nueva tecnología IS como paros programados, piezas de desgaste rápido, inventario de repuestos y tipo de mantenimiento (mayor, menor, preventivo y correctivo).
5. Para determinar la rentabilidad de implementar la propuesta, se tiene un valor presente neto de Q22 070 087,61 proyectado en 10 años. Además, por medio del análisis de tasa interna de retorno se tiene un resultado de 30,21 %. El valor del VPN analiza una cantidad de años de estudio y lo representa en una sola cifra financiera positiva, y una tir mayor a la tasa mínima atractiva de retorno (25 %). Estos resultados indican que el

proyecto debe ser aceptado, debido a que traerá utilidad que logra cubrir la inversión realizada por el departamento y así recuperar dicha inversión al cabo de cinco años de puesto en marcha el proyecto.

6. Entre los aspectos legales que influyen directamente en el cálculo de costo-hora de maquinaria se encuentra la Ley de ISR Guatemala decreto 4-2012 para la depreciación de bienes, Artículo 18 y 19 en la definición del método de cálculo por posesión. Asimismo, el Código de Trabajo vigente en Guatemala, para los lineamientos por costo de mano de obra (jornadas de trabajo, prestaciones laborales y cuotas patronales).
7. El proceso de implementación de nueva maquinaria dentro del área de producción permite establecer las tareas necesarias por ser realizadas para buscar las medidas previas a ser tomadas en cuenta para agilizar su instalación. Con esto, se necesita verificar las condiciones del espacio donde es colocada, seguidamente, inspeccionar el buen estado de la nueva maquinaria, luego plantear la logística para la manipulación y montaje, y así una vez instalada, llevar a cabo comprobaciones en la línea de producción. Por último, se pone en marcha la maquinaria llevando su control.

RECOMENDACIONES

1. Es de vital importancia evaluar el precio de adquisición, costos de fletes (transporte), cantidad arancelaria por pagar, proceso de instalación, necesidad en el proceso, calidad, especificaciones y otros de varios proveedores de maquinaria de tipo IS para definir cuál es la mejor opción en aspectos económicos, de operación y procesos.
2. En el cálculo anual de costo-hora por posesión de maquinaria, se sugiere considerar la estimación correcta de vida útil del activo para distribuir la cantidad depreciable en ese tiempo y evitar resultados indeseados en cuanto a información financiera.
3. Seguir los lineamientos expuestos en la capacitación al personal de trabajo en cuanto al manejo correcto de la maquinaria, evaluación de riesgos y el equipo de protección personal (EPP), para evitar la ocurrencia de costos imprevistos en la operación de la máquina IS.
4. Establecer el tipo de mantenimiento mayor o menor para la maquinaria, esto debido a que pueda que se realicen costos de mano de obra innecesarios y no previstos para ese tipo de mantenimiento. Además, es importante llevar los registros propuestos para evitar un mal manejo en la documentación y las acciones realizadas por mantenimiento.
5. Seleccionar cuidadosamente la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR), la cual indicará el porcentaje al cual el inversionista quiere beneficiarse una vez haya recuperado lo invertido. Esta cantidad puede afectar, tanto

positiva como negativamente, si no se analiza con detenimiento y si no se consideran los efectos de inflación y tasa pasiva (porcentaje de interés que la entidad financiera paga por el préstamo realizado).

6. Analizar constante y detenidamente la metodología, las tasas de depreciación y la información establecidas en la Ley de ISR Guatemala decreto 4-2012 y Código de Trabajo por ley para no incurrir en una anomalía imprevista monetaria en su cálculo de costo horario anual.
7. Es importante que el personal encargado del proceso de implementación de la nueva maquinaria cuente con cierta preparación previa. De esta manera, su manipulación, montaje e instalación logrará desarrollarse de acuerdo con lo planificado y así asegurar un correcto funcionamiento en sus procesos.

BIBLIOGRAFÍA

1. BACA URBINA, Gabriel. *Fundamentos de la ingeniería económica*. México: Mc Graw-Hill, 2007. 524 p.
2. BDF INDUSTRIES. *Manual BDF*. Italia: Gregori, 2016. 242 p.
3. BLANK, Leland. *Ingeniería Económica*. México: McGraw-Hill, 2007. 615 p.
4. CHASE, Richard. *Administración de Operaciones*. México: McGraw-Hill, 2009. 780 p.
5. COLÍN, Juan. *Contabilidad de Costos*. México: McGraw-Hill, 2008. 338 p.
6. DLE. *Diccionario de la lengua española*. España: 2001.
7. GARRIDO, Santiago. *Ingeniería de mantenimiento*. España: Renovetec, 2009. 690 p.
8. HEIZER, Jay. *Principios de administración de operaciones*. México: Pearson Educación, 2009. 762 p.
9. Ministerio de Trabajo y Previsión Social. *Código de trabajo Decreto 1441*. Guatemala: 2017.

10. POLIMENI, Ralph. *Contabilidad de Costos*. Colombia: McGraw-Hill, 1997. 896 p.
11. RODRÍGUEZ, José. *Manual de ingeniería y diseño de envases y embalajes*. México: IMPEE, 2011. 290 p.
12. URIBE, Ricardo. *Costos para la toma de decisiones*. Colombia: McGraw-Hill, 2011. 315 p.
13. Vidriera Guatemalteca, S.A. *Manual de inducción*. Guatemala: 2005. 19 p.